



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

## **MÀSTER EN GESTIÓ I RESTAURACIÓ DEL MEDI NATURAL**

**Treball Final de Màster**

**Curs 2018/2019**

Valoració de la implantació de neopoblacions translocades de l'endemisme ibèric altament amenaçat de la flora espanyola *Cistus heterophyllus* subsp. *carthaginensis* (Cistaceae)

Evaluation of the implantation of translocated neopopulations of the Iberian endemism highly threatened in the Spanish flora *Cistus heterophyllus* subsp. *carthaginensis* (Cistaceae)

**Autor:** Josep Chenoll Garcia

**Tutor:** Andreu Bonet Jornet, Dep. Ecología UA

**Cotutor:** Pedro Pablo Ferrer Gallego, Servei de Vida Silvestre (Generalitat Valenciana)

**Resumen:** En este trabajo se ha querido evaluar la capacidad para autoperpetuarse de dos poblaciones translocadas del endemismo de la flora española en peligro de extinción *Cistus heterophyllus* subsp. *carthaginensis*. Estas se encuentran localizadas en los términos municipales de La Pobla de Vallbona y Bétera, en la provincia de València. Estas poblaciones introducidas persiguen el objetivo del plan de conservación de la especie en la Comunidad Valenciana, que obliga a crear una serie de poblaciones con capacidad para generar nuevos individuos con el tiempo. Para realizar la evaluación, se han caracterizado tres aspectos fundamentales de la biología reproductiva que repercuten sobre la producción de frutos y semillas: el proceso de floración, la interacción con la comunidad de polinizadores y la cuantificación de la fructificación obtenida; sobre una serie de individuos seleccionados aleatoriamente de las dos poblaciones. Los resultados del trabajo parecen ser positivos, ya que se ha conseguido una producción notable de propágulos y se ha observado un alto potencial de las poblaciones para producirlos a pesar de los efectos de la actividad antrópica de la zona.

**Palabras clave:** biología reproductiva, conservación *in situ*, especies amenazadas, endemismo, fructificación, jara de Cartagena, propágulos, polinización.

**Abstract:** In this work, the capacity for self-perpetuation of two translocated populations of the endemism of Spanish flora in danger of extinction *Cistus heterophyllus* subsp. *carthaginensis*, has been a very important part to evaluate. These are located in the municipal boundaries of La Pobla de Vallbona and Bétera, in the province of Valencia. These introduced populations pursue the objective of the conservation plan of the species in the Valencian Community, which forces them to create a series of populations with the capacity to generate new individuals over time. To conduct the evaluation, three fundamental aspects of reproductive biology have been characterized, which have an effect on the production of fruits and seeds: the flowering process, the interaction with the community of pollinators and the quantification of the fruit obtained; all about a series of individuals randomly selected from the two populations. The results of the work seem to be positive, since a remarkable production of fruits has been achieved and a high potential of the population has been observed to produce them despite the effects of the anthropic activity.

**Keywords:** Cartagena's rockrose, endangered species, endemism, fructification, *in situ* conservation, propagule, pollination, reproductive biology.

# Índex

<b>1. INTRODUCCIÓ</b>	<b>1</b>
1.1. CONTEXT BIOGEOGRÀFIC I HISTÒRIA DE L'ESPÈCIE	1
1.2. HÀBITATS A LA PENÍNSULA IBÈRICA	2
1.3. TAXONOMIA	3
1.4. AMENACES A LES QUE S'ENFRONTA EL TÀXON	4
1.5. ESTATUS LEGAL I ACCIONS DE CONSERVACIÓ DE L'ESTEPA DE CARTAGENA A LA COMUNITAT VALENCIANA	5
<b>2. OBJECTIUS</b>	<b>8</b>
<b>3. MATERIALS I MÈTODES</b>	<b>9</b>
3.1. DESCRIPCIÓ DE L'ESPÈCIE	9
3.2. ÀREA D'ESTUDI	10
3.3. PLA DE TREBALL I CRONOGRAMA	13
3.4. FLORACIÓ	13
3.4.1. Anàlisi estadística	14
3.5. POL·LINITZACIÓ	14
3.5.1. Antesi	15
3.6. PROVA D'AUTOINCOMPATIBILITAT	15
3.7. FRUCTIFICACIÓ	16
<b>4. RESULTATS</b>	<b>17</b>
4.1. FLORACIÓ	17
4.1.1. Nombre de flors	17
4.1.2. Anàlisi estadística	18
4.1.3. Producció de flors per planta	18
4.1.4. Distribució temporal de la floració	19
4.1.5. Comprovació dels estats diferenciats de flors	22
4.2. POL·LINITZACIÓ	22
4.2.1. Freqüència de visites i tàxons	22
4.2.2. Distribució temporal de les visites	23
4.2.3. Antesi i corba de vol general	25
4.2.4. Corbes de vol dels tàxons	27
4.2.5. Duració de les visites i visites per individu	28
4.3. PROVA D'AUTOINCOMPATIBILITAT	30
4.4. FRUCTIFICACIÓ	30
4.4.1. Nombre de propàguls	30
4.4.2. Propàguls per planta	31
<b>5. DISCUSSIÓ</b>	<b>33</b>
5.1. FLORACIÓ	33
5.1.1. Prova de determinació de l'estat de la flor	34
5.2. POL·LINITZACIÓ	34
5.2.1. Freqüència de visites i tàxons	34
5.2.2. Distribució temporal de les visites	35
5.2.3. Antesi i corbes de vol	36
5.2.4. Duració de les visites i visites per individu	36
5.3. PROVA D'AUTOINCOMPATIBILITAT	37
5.4. FRUCTIFICACIÓ	37
<b>6. CONCLUSIONS</b>	<b>39</b>
<b>7. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>41</b>
<b>8. ANNEXOS</b>	<b>46</b>
8.1. EIX CRONOLÒGIC ESQUEMÀTIC DE LA DESCRIPCIÓ I TAXONOMIA DE <i>CISTUS HETEROPHYLLUS</i> SUBSP. <i>CARTHAGINENSIS</i>	46
8.2. EIX CRONOLÒGIC ESQUEMÀTIC DE LES ACCIONS VALENCIANES DE RECUPERACIÓ DE <i>CISTUS HETEROPHYLLUS</i> SUBSP. <i>CARTHAGINENSIS</i>	47

# 1. Introducció

La primera vegada que es descriu *Cistus heterophyllus* la trobem a l'obra de Desfontaines (1798). En aquest cas l'espècie va ser descrita a partir de material vegetal d'Algèria. Diversos autors li atribueixen una distribució sobre les zones càlides al nord d'Àfrica (Crespo i Mateo, 1988). Més tard es va considerar una distribució majoritàriament argelina segons la revisió de Grosser (1903), encara que també es troba al Marroc. No obstant això, va ser descrita per primera vegada a la Península Ibèrica per Jiménez (1903), que la va descobrir l'any 1901. El propi Jiménez (1908) la qualifica com abundant a les muntanyes de *Sancti Spiritu* i a la Penya de L'Àguila (Múrcia) uns anys més tard. Inicialment la descripció dels exemplars va estar revisada per Pau, que la identifica com *Cistus polymorphus* Will. Però, després de la revisió dels treballs de Grosser, la descriu com a *Cistus carthaginensis* (Pau, 1904) a partir del material que recol·lecta i difon Jiménez al 1908 a partir de diferents herboritzacions en 1903, 1905 i 1908 (distribuït per Sennen en 1908).

Ja més tard, Vicioso (1945) examina el material de Pau, i l'assimila a *Cistus heterophyllus* Desf. Diferents autors discuteixen posteriorment sobre la nomenclatura de l'espècie per als tàxons de la península, ja que l'adscriuen al tàxon nord-africà (revisat a Crespo i Mateo, 1988), però finalment aquests dos autors determinen l'espècie com una combinació, *Cistus heterophyllus* subsp. *carthaginensis* (Pau) M.B. Crespo. Actualment al Catàleg Espanyol d'Espècies Amenaçades (R.D. 139/2011, de 4 de Febrer) la subespècie figura com a sinònim de l'espècie tipus "*Cistus heterophyllus* (=C. h. *carthaginensis*)", d'aquesta forma deixa clar que no són tàxons independents; i per tant quedant protegides les poblacions peninsulars i de la ciutat autònoma de Melilla (Sánchez *et al.*, 2018).

## 1.1. Context biogeogràfic i història de l'espècie.

Com s'ha comentat anteriorment, l'espècie *C. heterophyllus* s'havia descrit inicialment només al nord d'Àfrica (Desfontaines, 1798; Grosser, 1903). Però, amb els exemplars identificats i recol·lectats a la Serra de Cartagena (Regió de Múrcia) per Jiménez (1903) i identificats per Pau (1904), l'espècie s'amplia al sud de la península, sobre dos poblacions. Una situada a la muntanya *Sancti Spiritu* i més tard també es localitza altra a la Peña del Àguila. En aquestes dues localitzacions es considera abundant en el seu moment per Vicioso (1945). Però a causa de les explotacions mineres de *Sancti Spiritu*, va anar desapareixent poc a poc al llarg de la primera meitat del segle XX; mentre que la població de Peña del Àguila podria haver-se extingit per la maduració de la pinada (Navarro-Cano, 2018). L'última vegada que es recol·lecta es a 1960 a la Peña del Àguila, per Fernando Esteve Chueca; i finalment en 1973 es declara extinta (Ministeri per a la Transició Ecològica, 2018); encara que en el seu moment era difícil assegurar que l'espècie havia desaparegut ja que podria romandre a indrets poc explorats (Robledo *et al.*, 1995).

El descobriment posterior d'un individu a la Poble de Vallbona (partida dels Aljubs) identificat per Crespo l'any 1986 (Crespo i Mateo, 1988), obri la porta a començar tot un pla de recuperació per a l'espècie (Laguna *et al.*, 2018) i a l'esclariment de cites per part de Cavanilles i Léon Dufour sobre la presència de *Cistus incanus* L. i *Cistus villosus* L. respectivament, que podrien haver-se confós en l'espècie en qüestió (revisat a Crespo i Mateo, 1988; Navarro-Cano, 2018).

El que seria esperable, per la baixa capacitat dispersiva de la planta, és que aquest individu formara part d'una població més gran i extensa. A causa de diversos factors, com la forta pressió antròpica, podrien haver-se eliminat la resta d'individus de la població; però també es consideren possibles fenòmens recents de dispersió a llarga distància (Navarro-Cano, 2018).

A partir d'aquest individu trobat, mitjançant tècniques *in vitro* s'obtingueren diversos exemplars (Arregui *et al.*, 1993), que foren trasplantats a quatre zones pròximes entre sí a la Serra Calderona, amb característiques d'habitat similars a les del individu de la Poble de Vallbona. Aquestes plantes aplegaren a un estat madur, produint llavors que s'han utilitzat posteriorment amb diferents fins (Escribà *et al.*, 2007).

També a 1993 es redescobreix una població a la localitat murciana de Llano del Beal, amb 9 individus, alguns d'ells d'aspecte híbrid (Robledo *et al.*, 1995), però a causa d'un incendi en 1998 la població desapareix. Per tal de reactivar el banc de llavors es realitzaren regs per donar lloc a una nova cohort (de 26 individus), que es desenvolupa des de 1999 formant la població actual d'aquesta espècie en la zona (Sánchez-Gómez *et al.*, 2018).

## 1.2. Hàbitats a la península ibèrica.

Sol aparèixer a formacions arbustives calcícoles d'altituds d'entre 100-500 m.s.n.m. d'àrees seques i solejades, dins del pis bioclimàtic termomediterrani i ombrotipus sec amb tendència a semiàrid (Crespo y Mateo, 1988); clars de pineres de *Pinus halepensis* Mill., pastures de *Brachypodium retusum* (Pers.) Beauv. i matollar postincendi (Güemes *et al.*, 2003). Es troba lligada a etapes intermèdies de la degradació de la vegetació madura amb vocació forestal o predecessora d'aquesta; pel que podria ser depenent de pertorbacions recurrents (moderades o severes) per reactivar el banc de llavors i mantindre la població amb una bona estructura d'edat; encara que no és estrictament necessari ja que trobem emergència de llavors a pesar de la manca de pertorbacions (Navarro-Cano, 2018). Les experiències de plantació mostren que l'espècie es desenvolupa correctament en hàbitats amb una reducció de l'evaporació proporcionada per coberta arbòria (Laguna i Atienza, 1998). No obstant això, les espècies de matoll poden desplaçar-la fàcilment al limitar i perjudicar la germinació o l'emergència de noves plantes (Navarro-Cano, 2008).

En el cas de la població de la Poble de Vallbona, es troba dins d'una formació *Rosamarino-Ericion* Br.-Bl.1931 (Aguilella *et al.*, 2009); mentre que la població de Múrcia en Llano del Beal es troba dintre de la formació *Thymo-Siderition* (Sánchez-Gómez *et al.*, 2018).

No obstant això aquestes són les descripcions dels hàbitats on actualment es troba l'espècie. Per això s'han proposat diversos ambients hipotètics on hi podria haver estat present o podria estar-hi, de no ser per la forta pressió antròpica (Crespo i Mateo, 1988). Per la seua banda les poblacions de Múrcia podrien haver trobat el seu òptim en bosquets de *Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast. (*Arisaro-Tetraclinideto*) i llentisclars-palmitars (*Chamaeropo humilis-Rhamneto lycioidis*) de la província Murciano-Almeriense en el sector almeriense (hàbitat similar al de les poblacions nord-africanes; Navarro-Cano, 2018); aplegant a sòls de diferent natura a les serres més humides de l'entorn de Cartagena i La Unión. Les poblacions valencianes en el seu cas, podrien estendre's en aquells ambients termòfils dels sectors Setabense i Valencià-Tarraconense; dintre de la província Catalano-Provençal-Balear i sobre zones dels subsector Alacantí dintre de la província Murciano-Almeriense, a matollars oberts, calcícoles en de formacions llentisclars-palmitars o carrascars termòfils (*Rubio longifoliae-Querceto rotundifoliae*) (Sánchez-Gómez *et al.*, 2018).

### 1.3. Taxonomia

El fet de trobar l'individu a la Poble de Vallbona al 1986, va permetre la revisió dels plecs d'herbari que es conservaven de les poblacions ibèriques. A més, aquests també es varen comparar amb els individus nord-africans, el que va motivar a Crespo i Mateo (1988) a proposar la subordinació del tàxon *carthaginensis* a subespècie. Els trets morfològics que caracteritzen la subespècie són les responsables del canvi de rang taxonòmic i es descriuen detalladament a la clau dicotòmica de *Flora Iberica* (Delmoly i Montserrat, 1993).

A pesar que es manté una quantitat considerable d'individus en Llano del Beal (d'entre 20-30 exemplars), part d'aquests mostren signes d'hibridació, *C. heterophyllus* subsp. *carthaginensis* × *C. albidus* (= *C. × clausonii* nothosubsp. *crespoi*). Per tant hem d'anar fins a la Poble de Vallbona per trobar l'únic individu genèticament pur (Aguilella *et al.*, 2009). Tot i així, el ressorgiment de la població al Llano del Beal, va permetre comparar les poblacions valenciana i murciana, descobrint que la murciana es troba en un procés introgressió bastant extens, que podria estar present des de l'antiguitat i sense un origen clar (Pawluczyk *et al.*, 2012; Sánchez-Gómez *et al.*, 2018).

Actualment podem trobar dos híbrids interespecífics de la subespècie *carthaginensis*, descrits per Ferrer-Gallego i Laguna (2012):

- *Cistus* × *clausonii* Font Quer i Maire nothosubsp. *crespoi* P.P. Ferrer & E. Laguna (*C. heterophyllus* subsp. *carthaginensis* × *C. albidus*). Aquest híbrid va ser detectat en una neopoblació de *C. heterophyllus* subsp. *carthaginensis* introduïda en una zona amb presència de *C. albidus*.
- *Cistus* × *escartianus* Demoly nothosubsp. *navarroi* P.P. Ferrer & E. Laguna (*C. creticus* subsp. *creticus* × *C. heterophyllus* subsp. *carthaginensis*). Aquests híbrids aparegueren espontàniament en els vivers del CIEF (Centre per a la Investigació i Experimentació Forestal), ja que hi estaven sent produïdes plantes de *C. heterophyllus* subsp. *Carthaginensis* i *C. creticus* subsp. *creticus*.

Un altre híbrid freqüent a les poblacions del nord d'Àfrica, *C. × clausonii* nothosubsp. *clausonii* F.Q. i Maire (*C. albidus* × *C. heterophyllus*), que hi conviu amb els parentals purs (Navarro-Cano *et al.*, 2009). Aquest híbrid es considerava absent en la flora ibèrica (revisat per Demoly i Montserrat, 1993); però Navarro-Cano (2002) troba exemplars de *C. clausonii* en l'àrea de la Peña del Àguila i Llano del Beal. Aquest també la va detectar dintre de les poblacions de *C. h. carthaginensis* en Murcia; on l'híbrid provocà la substitució de tots els individus parentals (Jiménez i Rosselló, 2018).

Fins fa poc es considerava que era una espècie amb distribució mediterrània, sud-occidental, on l'espècie tipus és la nord-africana; mentre que les poblacions peninsulars es consideraven de la subespècie *carthaginensis* (Aguilella *et al.*, 2009). Els estudis taxonòmics, tant moleculars com morfològics, indiquen que el individu valencià estaria més pròxim de les poblacions de *C. heterophyllus* d'Oran, que de la de Cartagena o el Rif Marroquí (Jiménez *et al.*, 2007; Pawluczyk *et al.*, 2012).

Aquestes evidències fan dubtar de l'existència, en un passat, d'una única població Ibèrica que es va estendre per tot el llevant peninsular (Navarro-Cano, 2018) i de la validesa de la categorització com a subespècie (Navarro-Cano, 2002). Altres investigadors, recolzen la idea de separació de les poblacions ibèriques entre subsp. *carthaginensis* per a les poblacions murcianes i subsp. *heterophyllus* per a la valenciana a causa d'aquestes diferències genètiques (Ferrer-Gallego i Laguna, 2012).

#### 1.4. Amenaces a les que s'enfronta el tàxon

Les poblacions ibèriques han patit un greu coll de botella a nivell poblacional (Jiménez i Rosselló, 2018), i a més han registrat un baix reclutament de nous individus; pel que la viabilitat de l'espècie es pràcticament nul·la a mitjà i curt termini si no s'obté un nombre mínim d'exemplars implantats. Encara que formalment se la considera una espècie autoincompatible i que la variabilitat genètica es pràcticament nul·la; les llavors obtingudes per aquesta via presenten una capacitat germinativa inusualment gran (revisat a Direcció General de Medi Natural i d'Avaluació Ambiental, 2015).

De la mateixa manera, com s'ha comentat a l'apartat anterior, pot hibridar amb altres espècies de gènere *Cistus*. Els híbrids generats del creuament amb *C. albidus* presenten major vigor que els parentals i major viabilitat de llavors, el que afavoreix el desplaçament dels individus purs per la seua descendència (Navarro-Cano, et al., 2009) com s'ha observat a la població del Llano del Beal a Cartagena (Ferrer-Gallego i Laguna, 2012). Tot i així, la hibridació amb *C. albidus* pot examinar-se com una contaminació genètica de l'espècie o com un episodi microevolutiu de futur incert (Navarro-Cano et al., 2018), ja que la hibridació es reconeix com una força evolutiva prou potent en el gènere *Cistus* (Demoly, 1996). Els híbrids de la població murciana, han mostrat millores en supervivència, creixement i reproducció el que pot afavorir la seua estabilització (Navarro-Cano et al., 2017). En el cas valencià, són necessàries desenvolupar estratègies encaminades a augmentar la grandària poblacions i la seua diversitat genètica; per al cas de murcià es busca disminuir els efectes de la introgressió genètica.

Altres amenaces més comunes són:

- Risc d'incendi de les poblacions reintroduïdes en el medi natural.
- Desplaçament per altres espècies, com s'ha observat a les poblacions de Múrcia, on *Brachypodium retusum* aplega a una densitat molt alta (Navarro-Cano, 2008); o en el cas valencià a la MRF Tancat de Portaceli, on alguns dels individus introduïts foren ofegats pel desenvolupament de *Pistacia lentiscus* L. i *Quercus coccifera* L. (Laguna et al., 2018).
- Herbivoria i predació de parts florals o llavors.
- Destrucció de l'hàbitat per infraestructures o expansió urbanística.
- Accés humà i de vehicles que puguin fer malbé individus de les poblacions reintroduïdes.
- Altres factors com poden ser: plagues, malalties, parasitisme, males condicions meteorològiques...

Aquestes amenaces tenen contemplades una sèrie de mesures per a pal·liar-les en cas de que es presenten; que es recullen al document tècnic del pla de recuperació de l'espècie (ORDRE 1/2015, del 8 de gener).



### 1.5. Estatus legal i accions de conservació de l'estepa de Cartagena a la Comunitat Valenciana

L'estepa de Cartagena es troba inclosa en diferents catàlegs de protecció en que es reconeix el tàxon com "en perill d'extinció". Entre ells, el Catàleg Espanyol d'Espècies Amenaçades i el Llistat d'Espècies Silvestres en Règim de Protecció Especial (R.D. 139/2011, de 4 de Febrer), el Catálogo Regional de Flora Silvestre Protegida de la Región de Murcia (DECRET 50/2003, de 30 de Maig) i el Catàleg Valencià d'Espècies de Flora Amenaçada (DECRET 70/2009, de 22 de Maig). Tanmateix representa l'única espècie vegetal inclosa en la llista "d'Espècies en Perill Crític" aprovada pel Ministeri per a la Transició Ecològica (ORDE TEC/1078/2018, de 28 de Setembre).

Les accions de conservació i recuperació de la població valenciana comencen en la dècada de 1990, després del descobriment de l'individu a la Pobra de Vallbona. Des d'aquest moment s'ha perseguit l'objectiu d'aconseguir material de reproducció pur, per a augmentar el nombre d'individus i poblacions efectives. Aquest objectiu inclou la propagació, multiplicació i producció de planta per a translocar poblacions (Ferrer-Gallego *et al.*, 2018). Com que l'espècie es descobreix el 1986, no es inclosa a l'Ordre del 20 de Desembre de 1985, de la Conselleria d'Agricultura i Pesca, de protecció d'espècies endèmiques o amenaçades. Cal que esperar a la creació del Catàleg Valencià d'Espècies de Flora Amenaçada (DECRET 70/2009 del 22 de maig) en què l'estepa de Cartagena es classifica com a "En perill d'extinció" (Aguilella *et al.*, 2009), el que obliga a establir mesures addicionals de conservació.

Des de 1990 fins a 1996 es duen a terme les primeres accions per a conservar el tàxon. L'any 1993, l'Institut Valencià d'Investigacions Agràries (IVIA) va aconseguir desenvolupar un protocol de propagació *in vitro* a partir dels meristemes de l'únic individu pur de La Pobra de Vallbona (Arregui *et al.*, 1993). Les plantes produïdes mitjançant aquesta tècnica presenten les mateixes característiques fenològiques, exceptuant alguns individus lleugerament diferents. Les variacions podrien deure's a mutacions provocades durant el procés. També presentaven l'autoesterilitat del individu parental, pel que patien una abscisió massiva dels peduncles florals una vegada s'havia d'iniciar la formació del fruit. Per aquest motiu només s'aconseguien menys de quatre fruits per planta amb una o dos llavors viables (Ferrer-Gallego *et al.*, 2018). Algunes de les plantes que es van produir amb aquesta tècnica es varen plantar al propi centre IVIA, i han resultat útils per a investigar sobre l'autoincompatibilitat de l'espècie (Escribà *et al.*, 2007). Es van produir plantes mitjançant aquesta tècnica fins a 2013, quan es va aconseguir llavors del individu original obrint una porta a una nova forma d'obtindre més exemplars (Direcció General de Medi Natural i d'Avaluació Ambiental, 2018).

Des de 1997 fins a 2010 es realitzaren diverses plantacions amb plantes obtingudes *in vitro*. Algunes de les poblacions aconseguiren la categoria de Microrreserva de Flora (MRF) (ORDRE 4803/2006, de 17 de juliol de 2006; Ferrer-Gallego *et al.*, 2018). D'aquestes, únicament la població de la MRF Tancat de Portaceli va sobreviure, registrant-se inclús reclutament de quatre nous individus purs i un amb caràcters híbrids en 2012. Però, la població va desaparèixer els anys 2014-2015 a causa de la sequera intensa i al desenvolupament de la vegetació arbustiva que va ofegar lumínicament molts dels exemplars (Laguna *et al.*, 2018).

Les mutacions evidenciades per Rosato *et al.* (2016) en els individus produïts *in vitro*, foren una peça clau per a descartar aquests per a la producció de planta *ex situ* i la seua reintroducció en el medi natural, ja que aquests poden ocasionar canvis en les estructures genètiques de les poblacions. Per aquest motiu es va començar a treballar per a aconseguir material de propagació per via vegetativa i per via sexual.



A finals de 2012 s'aconsegueix produir de forma exitosa plantes mitjançant esqueixat d'estaques provinents de l'únic individu pur; i es desenvolupa un protocol per a dur-ho a terme (Ferrer-Gallego *et al.*, 2013).

Amb l'aprovació del DECRET 21/2012 del 27 de Gener, es deroga part de la legislació que entre en contradicció amb l'anterior (DECRET 70/2009 del 22 de Maig), per la que es regulen els plans de recuperació. Aquesta nova norma incorpora que el pla de recuperació s'ha de publicar en dos document; per una banda l'aprovació dels exemplars i hàbitats (publicat al Diari Oficial de la Generalitat Valenciana) i un document tècnic del pla, revisable i accessible a internet.

Dins d'aquest marc jurídic, s'aprova l'ORDRE 1/2015 del 8 de Gener, de la Conselleria d'Infraestructures, Territori i Medi Ambient, amb la que queden reconeguts els plans de recuperació de les espècies de flora en perill d'extinció *Cistus heterophyllus*, *Limonium perplexum* i *Silene hifacensis*. Aquesta norma fixa l'objectiu d'establir almenys 6 poblacions, amb 250 individus adults cadascuna i amb una permanència d'almenys 5 anys o més, en 6 quadricules (UTM d'un quilòmetre de costat) diferents. D'aquesta forma si es compleixen els objectius, l'espècie passaria d'estar considerada (pels criteris de la UICN) de "En Perill Crític" (CR) a "En Perill" (EN) (Sánchez *et al.*, 2018).

A més, encara que el pla és per a tota la Comunitat Valenciana, es proposen dues àrees de recuperació i conservació. Les de conservació consistirien en la parcel·la urbana (Pla dels Aljubs, a la Pobla de Vallbona) on es troba l'individu descobert en 1986, i la MRF Tancat de Portaceli, propietat de la Generalitat Valenciana, al municipi de Serra. Aquestes dues localitzacions es trien bé perquè la planta ja estava present en el primer cas o bé, en el cas d'aquesta última localització, per la persistència de la població introduïda en 1997, que va aconseguir reclutament; a banda de que està reconeguda com Microrreserva de Flora (ORDRE 4803/2006, del 17 de juliol de 2006).

Les destinades a recuperació (de potencial reintroducció) es troben al nord-est de la província de València i al centre i sud de la província d'Alacant. Estes àrees esmentades són el Paratge Natural Municipal de La Manguilla (de propietat municipal), a La Pobla de Vallbona i MRF Tancat de Portaceli. Així mateix, en el primer cas no hi ha presència de *Cistus albidus*, però en el segon es va haver de dur a terme una eliminació d'aquesta espècie en la dècada dels anys 90 del segle passat. A la província d'Alacant trobem dues Microrreserves de Flora, Bec de l'Àguila al terme de Mutxamel i Corral del Marqués a Alacant. Aquestes tindrien una vocació més experimental per comprovar la viabilitat de l'espècie en condicions climàtiques diferents (Sánchez *et al.*, 2018).

L'article 4, de l'ordre 1/2015 del 8 de gener, estableix les mesures directes de protecció del tàxon. Aquestes contemplen un procés *in situ* en primer pas, conformat per un rastreig de poblacions, reconeixement de terrenys òptims per a albergar el tàxon i recol·lecció de llavors; un segon pas *ex situ*, en tant a la generació de d'horts-planter, propagació vegetativa, obtenció i conservació de germoplasma, la protocol·lització d'aquests procediments i la producció de planta per a la seua reintroducció; i per últim, una fase *in situ* que consisteix en el desenvolupament de poblacions, el seguiment i cens regular dels efectius nadius i el control d'espècies competidores, que tinguen un efecte negatiu, que puguen hibridar o siguen plagues. També es reconeix l'aplicació de mesures *in situ* i *ex situ* per reduir l'impacte de plagues, predadors o malalties.

Les primeres dues fases del pla es duen a terme mitjançant plantes produïdes per esqueixat i llavors obtingudes gràcies (possiblement) als regs de recolzament que es realitzaren sobre l'individu pur de La Pobla de Vallbona des de 2009. Els anys 2012, 2013, 2015 i 2017 va aconseguir produir fruits quallats amb llavors viables, sent l'any 2013 el que més llavors es recol·lecten. En 2015, ja hi ha una quantitat raonable de plantes adultes reproductores provinent dels dos tipus de propagació a l'hort-planter al CIEF. D'aquesta forma, mitjançant pol·linització manual, es van dissenyar una sèrie de creuaments entre els dos tipus de plantes de l'hort-planter per tal d'aconseguir el que produiria el nombre màxim de llavors viables. Així, l'any 2016 es van recol·lectar més de 20.000 llavors, les quals es destinaren a complir les diferents mesures directes de protecció del tàxon reconegudes al seu pla de protecció (Ferrer-Gallego *et al.*, 2017; Direcció General de Medi Natural i d'Avaluació Ambiental, 2018).

A partir de les llavors aconseguïdes, el Centre per a la Investigació i Experimentació Forestal (CIEF) va produir 2.527 plantes de l'espècie d'estudi en 2017 i va obtenir 18.462 llavors més de l'hort-planter (Direcció General de Medi Natural i d'Avaluació Ambiental, 2017). Una part d'aquestes plantes foren destinades a les zones d'estudi d'aquest treball a principis de l'any 2018. En total, 275 es destinaren a crear la població del Parc Natural Municipal (PNM) de La Manguilla i 244 es plantaren a l'àrea de Pla de Colom (Direcció General de Medi Natural i d'Avaluació Ambiental, 2018). Aquest material prové de reproducció sexual i no presenta les traces de mutació que presentaven els individus de la propagació *in vitro* (Laguna *et al.*, 2018).

El present treball es veu emmarcat dins l'article 4.h, DECRET 1/2015 del 8 de gener, que estableix "el seguiment i cens regular dels efectius nadius i de plantació"; tanmateix es recull en les prioritats d'investigació, en el punt 6.1, del document tècnic del pla de recuperació de l'espècie (Direcció General de Medi Natural i d'Avaluació Ambiental, 2015). Complim en el pla al fer un seguiment dels agents pol·linitzadors i les principals característiques de la floració, que mostren la capacitat de les poblacions de Pla de Colom i el PNM de La Manguilla, de produir llavors i per tant de la possibilitat d'autoperpetuar-se; com es va aconseguir a la MRF Tancat de Portaceli (Laguna *et al.*, 2018). Es la primera vegada que es du a terme aquest tipus d'observacions sobre la viabilitat poblacional en el medi natural (Ministerio para la Transición Ecológica, 2018), ja que en anterioritat a el pla vigent les plantacions es realitzaven a partir del material produït *in vitro* estudiat sota condicions controlades (Boscaiu, 1997; 1999).

## 2. Objectius

L'objectiu principal del treball és caracteritzar descriptivament els diferents factors sobre la biologia reproductiva de les poblacions translocades de *C. h. carthaginiensis*, el 2018 al PNM de La Manguilla (Pobla de Vallbona) i a la zona de Pla de Colom (Bétera); per així determinar si les qualitats d'aquestes permeten la producció de llavors, el que es podria traduir en una perpetuació de la població. Per a dur-ho a terme s'han analitzat diferents característiques de la floració, pol·linització i fructificació; relacionades en tot el procés de la formació dels fruits i llavors.

Per a la floració es vol descriure la fenologia floral, la que ens permet conèixer com es el patró de floració de les plantes a les dues poblacions, quan es produeix el pic de floració, quina és la variabilitat de la producció de flors entre els individus, les proporcions de flors viables que es produeixen i les taxes de pol·linització a les poblacions.

Per altra banda, per estudiar la pol·linització es proposa un registre de les espècies d'insectes visitants de la planta al llarg del període de floració i que interactue amb les flors. Així podem obtenir-la seua activitat al llarg de les hores de fecunditat òptima de les flors i al llarg del període d'estudi. Tanmateix, podem calcular la freqüència en que els diferents tàxons visiten l'espècie i comparar les característiques d'aquesta interacció per conèixer si aquests són favorables per a una pol·linització que desemboque en fecundació creuada entre individus o per geitonogàmia. A més, s'ha d'analitzar la capacitat de l'espècie per a autopol·linitzar-se, ja que en el cas en que els pol·linitzadors no tinguen èxit, aquesta és una via per aconseguir produir llavors de forma exitosa.

Al registre també s'ha recollit informació sobre la posició de les flors, el que ens permet resoldre el dubte de si el protector de la planta col·locat per protegir-la d'herbívors, podia provocar alguna interferència en la pol·linització.

Combinant les dades de la fenologia floral i del registre de pol·linitzadors, podríem observar la concurrència entre els dos fenòmens i per tant ens permetria conèixer si la seua relació temporal és òptima. De la mateixa forma l'antesi de les flors ens resulta important ja que permet comparar la disponibilitat de les flors amb l'activitat dels pol·linitzadors al llarg del dia.

Finalment es proposa fer un recompte dels fruits produïts per cadascuna de les plantes d'estudi i el nombre de llavors que contenen. Aquestes dades son útils per determinar el rendiment de la floració de cadascuna de les plantes i conèixer com d'abundant és la producció de llavors.

### 3. Materials i Mètodes

#### 3.1. Descripció de l'espècie

*Cistus heterophyllus* subs. *carthaginensis* és un nanofaneròfit d'entre 1 a 1,2 m, molt ramificat, perennifoli, de vida llarga (de més 30 anys, com ha demostrat l'individu genèticament pur de al Poble de Vallbona); encara que els individus de Múrcia viuen al voltant dels 15 anys (Navarro-Cano, 2018). És una espècie monoica al·lógama, amb flors hermafrodites (Güemes *et al.*, 2003). Encara que es considera autoestèril, es produeix una xicoteta quantitat de llavors per autofecundació amb una taxa de germinació superior al 50% (Escribá *et al.*, 2007). Altres autors també han observat la producció de llavors fèrtils per autopol·linització com Boscaiu (1997; 1999) i Boscaiu i Güemes (2001).

Les rames contenen pèls estrellats densos, simples llargs i altres glandulífers xicotets. Les fulles superiors de la tija són sèssils, les basals de 5-20 mm × 2-10 mm, peciolades (peciol fins a 3 mm), de forma ovalo-romboides o lanceolades-el·líptiques, amb nervació pinnada, lleugerament revoltes cap a el revers. Al revers trobem un toment dens de pèls estrellats. Les fulles juvenils són similars a les de *Cistus albidus* L., però de color verd intens (Delmoly i Montserrat, 1993; Conselleria D'infraestructures Territori i Medi Ambient, 2015).

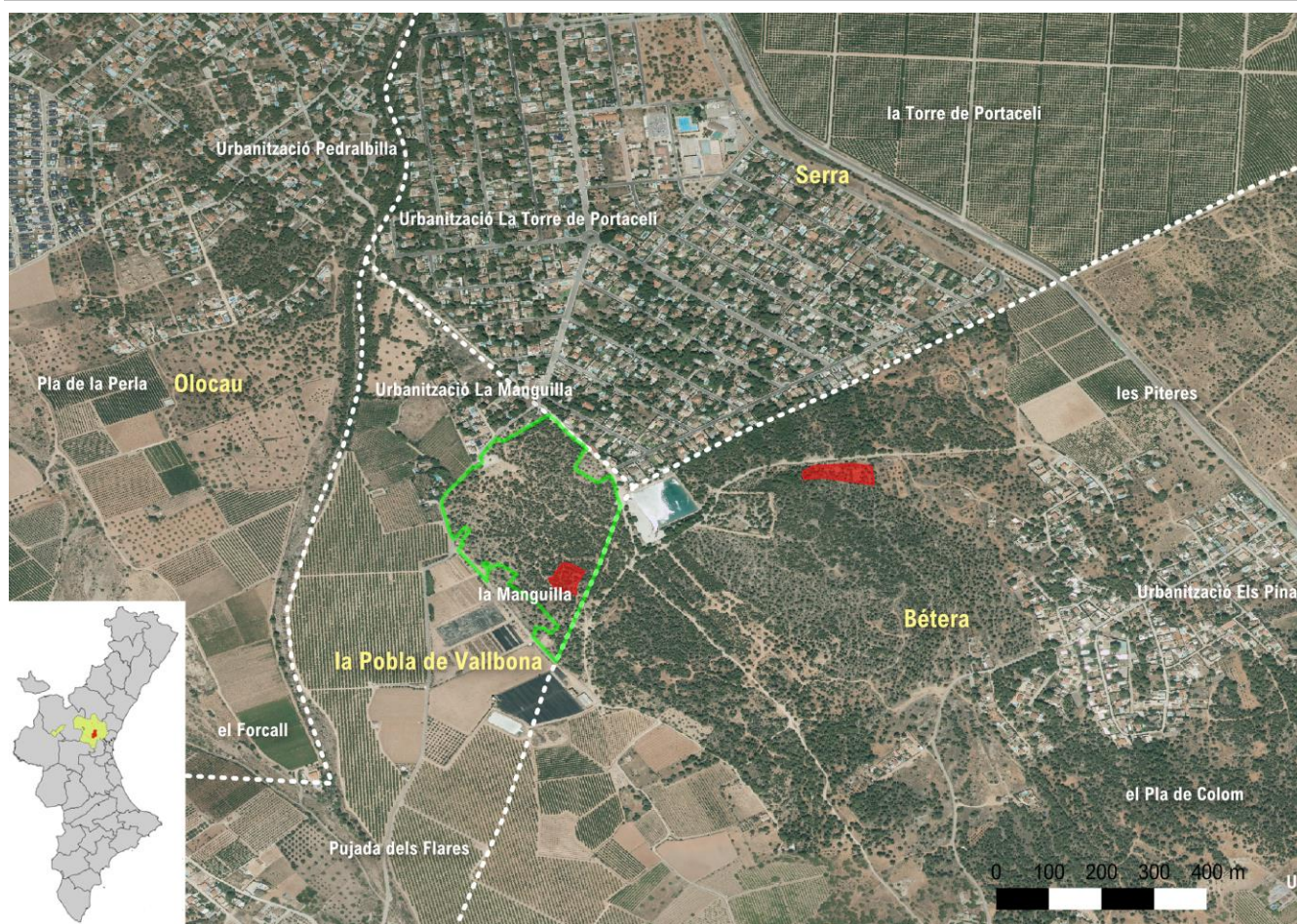
La inflorescència és cimosa, d'una a tres flors, de peduncle llarg i dues bractèoles davall de cada flor amb pèls estrellats, simples i llargs; i els glandulífers visibles a gran augment. Cinc sèpals, subiguals, acuminats, amb pilositat cerícea. Pètals 12-25 × 10-25 mm, de color rosat-purpuri, amb una taca basal groga. Estams desiguals. Ovari vilós; l'estil supera lleugerament en altura els estams; estigma convex, lleument penta-lobulat. Capsula 7-9 mm, globosa, hirta, obscura, dehiscent en cinc valves. Llavors 1-2 mm, esferoidals-tetraèdriques, papil·loses, de color siena pardusc (Delmoly i Montserrat, 1993), es dispersen per boleobacòria, mirmecocòria (quan cauen a terra i estan disponibles per a les formigues) o exozoocòria (es poden quedar pegades al cos d'animals al passar, ja que es tornen mucilaginoses amb la humitat) (Güemes *et al.*, 2003; Aguilera *et al.*, 2009).

El desenvolupament de les gemmes florals comença a finals de l'hivern, sobre els finals de febrer i durant març. A finals de març apareixen les primeres flors que poc a poc va augmentant de nombre fins aplegar a un pic de màxim al voltant de la meitat o finals d'abril, a partir del qual el nombre de flors descendeix dràsticament. La floració finalitza les primeres setmanes de Juny. La maduració dels fruits ocorre de sis a huit setmanes després de la floració (Boscaiu, 1997; Ferrer-Gallego *et al.*, 2018). Les flors duren només un dia obertes, característica comuna en la família de les *Cistàcies*. Les anteres s'obrin immediatament després de l'obertura de la flor, però l'estigma no és receptiu fins 2 hores més tard. La caiguda dels pètals provoca el tancament de la flor, encara que alguns poden quedar enganxats. Els sèpals recuperen la seua posició inicial tancant el pistil i els estams. (Boscaiu, 1997). La pol·linització és entomòfila generalista, els seus pol·linitzadors principals són dípters, coleòpters i himenòpters (Güemes *et al.*, 2003; Aguilera *et al.*, 2009).



### 3.2. Àrea d'estudi

Les poblacions translocades de l'Estepa Blanca objecte d'estudi es troben situades als termes municipals de Bétera i La Pobla de Vallbona; a la província de València com es mostra a la **figura 1**. Pel que fa a la població de la Pobla de Vallbona, es troba situada dintre del PNM de "La Manguilla", limítrof amb els termes municipals de Serra i Bétera. En total el paratge compta amb 10,8 hectàrees (Decret 35/2011, d'1 d'Abril). Tot i així, encara que la població de Pla de Colom quede fora del parc natural, les característiques a continuació comentades son pràcticament iguals a les dues àrees.



*Figura 1:* Fotografia aèria de la zona on es situen les poblacions estudiades. La línia de punts blanca delimita els termes municipals. La línia verda delimita l'àrea del PNM de La Manguilla. En roig trobem les àrees que ocupen les poblacions d'estudi. Al cantó inferior esquerre trobem la localització del municipi de La Pobla de Vallbona (en roig) dintre de la Comunitat Valenciana. Mapa d'elaboració pròpia amb les dades de la Infraestructura Valenciana de Dades Espacials, Institut Cartogràfic Valencià.

La seua localització afavoreix una influència de la Serra Calderona, amb presència de tossals calcaris del terciari i tubs d'algues provinents de la precipitació de carbonat dissolt a l'aigua del llac que es situava antigament sobre l'actual terreny. El Pla dels Aljubs, on es va descobrir l'individu en 1986, queda molt prop del parc, el que va propiciar la introducció de poblacions en aquest paratge. El parc es troba envoltat per un paisatge antropitzat, amb la urbanització de La Torre de Portaceli, camps de conreu de xicotets propietaris i d'agricultura extensiva, com la plantació de 170 Ha aproximadament de la Torre de Portaceli que es pot apreciar lleugerament en el cantó dret de la **figura 1**.

La zona es troba a una altura d'entre 140-160 m.s.n.m., presenta un clima semiàrid (termomediterrani), amb 16,9 °C de temperatura i 424 mm de precipitació mitjanes anuals. Les precipitacions es troben presents tot l'any, però segueixen la disminució estival i el pic de la tardor típics mediterranis com podem veure a la **figura 2** (Decret 35/2011, d'1 d'abril; AM Online Projects, 2019). Les dades climàtiques s'han pres en l'estació meteorològica situada dintre de la ciutat, pel que podrien variar lleugerament a l'àrea d'estudi.

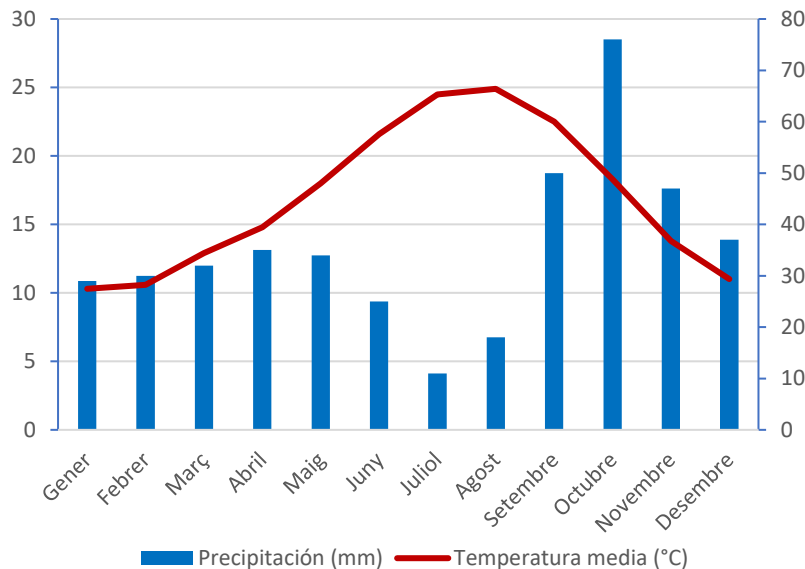


Figura 2: Climograma de La Pobla de Vallbona. Elaboració pròpia a partir de les dades d'AM Online Projects (2019).

La vegetació pertany a la formació *Rosamarino-Ericion* Br.-Bl.1931 (Aguilella *et al.*, 2009). Està composta d'una pinada de *Pinus halepensis* amb una densitat variable, donant lloc a àrees amb diferent nivell de cobertura vegetal. Es veu acompanyat per individus de *Ceratonia siliqua*, a causa de l'antiga vocació dels terrenys com bancals. Al sotabosc trobem les típiques espècies de màquia mediterrània: *Pistacia lentiscus*, *Quercus coccifera*, *Rhamnus lycioides*, *Chamaerops humilis*, *Juniperus oxycedrus*, *Rosmarinus officinalis*, *Erica multiflora*, *Globularia alypum*, entre d'altres. La resta d'espècies acompanyants són: *Anagallis arvensis*, *Anthyllis terniflora*, *Asparagus horridus*, *Asphodelus fistulosus*, *Asphodelus ramosus*, *Brachypodium retusum*, *Carrichtera annua*, *Coris monspeliensis*, *Diplotaxis erucoides*, *Diplotaxis viminea*, *Dorycnium pentaphyllum*, *Fumana ericifolia*, *Fumana ericoides*, *Fumana laevipes*, *Fumana thymifolia*, *Helianthemum organifolium*, *Helianthemum violaceum*, *Helichrysum stoechas*, *Hyparrhenia sinaica*, *Phagnalon rupestre*, *Plantago albicans*, *Plantago lanceolata*, *Ruta angustifolia*, *Sedum sediforme*, *Senecio vulgaris*, *Sideritis tragoriganum*, *Stipa offneri*, etc. (Sánchez-Gomez *et al.*, 2018). En particular en aquesta àrea trobem molt abundant *Cistus salviifolius* L., espècie que no s'ha detectat que pugui hibridar amb *Cistus heterophyllus* subsp. *carthaginensis*. A més, com ja s'ha comentat, *Cistus albidus* no es troba en tota l'àrea, evitant la formació d'híbrids.



Les característiques climàtiques i fisiogràfiques d'aquest paratge fan que els rèptils es vegen afavorits. Entre els saures trobem els dragons *Tarentola mauritanica* i *Hemidactylus turcicus*, la sargantana *Psammodromus hispanicus* i el fardatxo *Lacerta lepida*. Dels ofidis, només trobem la colobra bastarda *Malpolon monspessulanus*. L'avifauna es caracteritza per espècies que nidifiquen ocultes entre el matoll baix. D'aquesta forma podem trobar les cogullades (*Galerida cristata* i *G. theklae*), el còlit ros (*Oenanthe hispanica*), la perdiu (*Alectoris rossa*) o el cotoliu (*Lullula arborea*). Les zones més antropitzades del paratge mostren altres espècies més afins com l'òbila (*Tyto alba*), el mussol comú (*Athene noctua*), el verderol (*Carduelis chloris*) o la cadenera (*Carduelis carduelis*). Els mamífers més comuns que hi podem trobar són els lagomorfs es poden trobar tant el conill (*Oryctolagus cuniculus*) com la llebre (*Lepus capensis*), així com rastres de porc senglar (*Sus scrofa*). Amb una presència més esporàdica s'ha trobat la rabosa (*Vulpes vulpes*) i la geneta (*Genetta genetta*).

La plantació segueix un patró similar a una malla, en que els individus queden separats entre 1 i 3 metres de distància; com s'observa a la **figura 3**. Es van col·locar protectors d'un metre d'altura fabricat amb malla metàl·lica, amb una llum d'un centímetre; aquests s'han retirat al mes de Juny, ja que la pressió herbívora no és molt alta i les plantes es troben en un bon estat de creixement. Cal esmenar, que des del moment de la seua plantació han rebut regs d'emergència, sobretot durant el període estival; quan han sigut importants, ja que al trobar-se en les fases inicials de creixement (les plantes tenien un any en el moment de plantació) el sistema radicular no es troba molt desenvolupat. En un futur es pretén abandonar el reg; però al llarg de l'estiu de 2019 les poblacions encara han rebut regs d'emergència (Direcció General de Medi Natural i d'Avaluació Ambiental, 2018).



Figura 3: Fotografia de l'àrea de plantació del PNM de La Manguilla, a La Pobla de Vallbona (València). J. Chenoll.

El paratge és una antiga zona de bancals de conreus de secà, pel que encara es conserven alguns dels murs de pedra seca que delimitaven les parcel·les. Compta amb una zona d'esplai amb taules, bancs, lavabos i zona de jocs; molt utilitzada per les famílies els caps de setmana. Però en general, rep visitants diàriament, i ocasionalment, s'organitzen activitats dintre del paratge (curses, activitats amb xiquets, excursions...). Es veu facilitat per la seua proximitat a les urbanitzacions i resulta un paratge atractiu per als residents. Per la seua localització aleshores és esperable que la pressió antròpica sobre el parc s'incrementa a l'estiu. Per aquestes qualitats el parc és molt apreciat pels residents ja que representa un reducte natural que no ha sigut guanyat per a conreu o per a ser urbanitzat. A més posseeix molt de potencial per a dur a terme activitats d'educació ambiental.



### 3.3. Pla de treball i cronograma

El pla de treball consistia en realitzar una visita al camp en un interval de temps d'entre dos i tres dies en el que realitzaria el registre dels pol·linitzadors i el recompte de flors fins al final de la floració, des de l'inici d'abril fins a finals de maig aproximadament (ja que depèn de la fenologia). No obstant això, es va donar un episodi de pluges entre els dies 17 a 23 d'abril, per aquest motiu, eixos dies no es va fer cap registre. De la mateixa forma, per motius de treball, els entre l'1 i 5 de maig no es van dur a terme registres.

Prèviament a l'inici de l'estudi es varen realitzar diferents visites a les poblacions entre finals de març i principis d'abril per observar l'estat de la fenologia i iniciar l'experiment en el moment adequat. Així, el primer registre es realitza el 9 d'abril. El registre de pol·linitzadors finalitza el dia 15 de maig (36 dies entre inici i final), quan el nombre de pol·linitzadors cau dràsticament al estar realitzant-se tractaments plaguicides en els camps de conreu dels voltants del PNM La Manguilla. Durant aquest període de temps, hi hagueren un total de 14 dies de mostreig, en què es començava a les 8:00 del matí, fins a les 13:00, hora en que les flors han sobrepassat la màxima receptivitat i es improbable que es pugui donar la fecundació. En canvi, el registre de floració finalitza el 22 de maig (43 dies, amb un total de 18 dies de mostreig), moment en que el nombre de flors per dia ens mostra el final de la floració.

La prova d'autocompatibilitat es va realitzar els dies 16, 17, 20 i 22 de maig, en el que es va realitzar totes les pol·linitzacions manuals. La recol·lecció dels fruits de totes les plantes es va dur a terme la primera i segona setmana de juliol.

### 3.4. Floració.

Per al registre de floració es marcaren un total de 40 plantes, seleccionades a l'atzar (P. Ferrer *com. pers.*). Aquestes es subdivideixen en dues poblacions de 20 individus, una al PNM La Manguilla (etiquetades de P01 a P20) i altra a la zona de Pla de Colom (etiquetades de P21 a P40). En aquest cas, el registre consisteix en fer un recompte del nombre de flors obertes cada dia sobre els individus de l'estudi, diferenciant a més tres estats diferents en el moment en que s'ha superat la fecunditat màxima de la flor, com veiem a la **figura 4**. Aquests estats són:

- a) Pol·linitzada: si l'estigma es presentava groc, amb abundant pol·len apegat; sent un possible indicatiu de fecundació.
- b) No viable: si l'estigma presentava alguna malformació o havia patit un atac per un insecte quedant destruït.
- c) No visitada: si l'estigma es presentava blanc, sense grans de pol·len.

Per comprovar la validesa d'aquestes observacions es va realitzar un marcatge diferencial a diverses flors de cada estat sobre 13 plantes diferents seleccionades aleatòriament, i fer així un seguiment de la fructificació. Per a l'estat no viable es van marcar 12 flors, per a les pol·linitzades 11 i 3 per a les no visitades.



Figura 4: Fotografies dels diferents estats de flors; l'estigma s'assenyala amb un cercle blau. A) Flor pol·linitzada; B) Flor amb estigma no viable; C) Flor no visitada. La flor no viable (B) mostra signes d'haver sigut atacada en l'estat de poncella.

#### 3.4.1. Anàlisi estadística.

Malgrat que aquest treball té una vocació descriptiva, es va voler comprovar mitjançant una prova Kruskal-Wallis si hi ha diferències significatives (amb  $\alpha = 0,05$ ) entre les dues poblacions estudiades per a les medianes i la distribució de la proporció de flors en cada estat. Es va escollir aquesta prova ja que el nombre de mostres és molt limitat (La Manguilla,  $n=19$ ; Pla de Colom,  $n=18$ ) i la variabilitat entre els individus molt gran. Es van eliminar de la mostra les plantes que no van produir cap flor els dies de registre per evitar valors extrems. El software emprat és el SPSS 23.0 (IBM Corp., 2015).

#### 3.5. Pol·linització

El registre de pol·linitzadors es va dur a terme mitjançant una graella, en la que es registrava un mot vulgar per a cada espècie, la durada de la visita (considerada des del moment en que l'insecte es posa sobre la flor, fins a que vola i s'hi allunya), l'hora de la visita i la referència fotogràfica per a la posterior identificació dels insectes. La identificació es va realitzar mitjançant la *Guia de los insectos de Europa* (Chinery, 1986)

A més, es diferenciava cadascuna de les flors de la planta en la que es duia a terme el registre; i es realitzà una fotografia de la planta sencera. D'aquesta forma es va determinar per una banda les visites que un mateix insecte pol·linitzador realitzava sobre diverses flors de la planta abans d'abandonar-la, el que podria afavorir fecundacions per geitonogàmia. Així també obtenim el nombre d'individus pol·linitzadors.

Es va dur a terme un anàlisi de la correlació de Pearson entre el nombre de visites registrades cada dia i el nombre de flors no visitades, per comprovar si hi ha una relació significativa entre aquestes dues mesures. El software emprat per a fer l'anàlisi fou el SPSS 23.0 (IBM Corp., 2015).

Amb les dades recollides també es calcularen:

- Freqüència i nombre total de visites: nombre total de contactes dels diferents grups d'insectes comptabilitzats als censos al llarg de tot el període floral.
- Abundància de visites: mitjana del nombre de contactes censats per unitat de temps de mostratge (Sih i Baltus, 1987).
- Intensitat horària de visites: índex que es calcula amb el quocient entre el nombre de contactes censats per dia i el nombre de flors comptabilitzats per dia de mostratge a l'àrea d'estudi.

### 3.5.1. Antesi

També es va anotar el període d'antesi de les flors en les mateixes plantes en que es duia a terme el registre de pol·linitzadors. En total són 47 flors en 14 plantes diferents (una per cada dia de registre), amb diverses mostres per planta (N = 2 a 7 flors). Ens permet conèixer si les flors estan disponibles en el moment de màxima activitat dels pol·linitzadors. En aquest cas es diferenciaven tres fases com es veu a la **figura 5**:

- Accessible: moment en que la flor està suficientment oberta per a que un insecte pol·linitzador entre en contacte amb els òrgans sexuals.
- Màxima obertura: quan els pètals es trobaven aproximadament perpendiculars al pla del gineceu.
- Decaïment: els pètals superen el pla perpendicular del gineceu i es mostren apunt de caure.



Figura 5: Fotografies de les diferents fases de l'antesi diferenciades. A) Flor accessible; B) Flor en màxima obertura; C) Flor en decaïment. A la fotografia B trobem un exemplar de *Oxythorea funesta*; a la C un de *Bupestris-8-guttata*.

### 3.6. Prova d'autoincompatibilitat

Se seleccionaren aleatòriament 25 plantes de la població del PNM La Manguilla (diferents de la població d'estudi de floració); amb l'objectiu de realitzar la prova d'autocompatibilitat sobre tres flors d'almenys 20 individus. Consistia en posar les flors per obrir (entre les 7:30-8:30), dins d'una bossa de tul. D'aquesta forma s'exclouen els insectes que podrien pol·linitzar la flor i alterar l'experiment.

Més tard, quan les flors ja s'han obert i entren en el seu període idoni per a la pol·linització a partir de les 10:30, 2 hores més tard de l'obertura de la flor aproximadament (Boscaiu, 1997); una a una es trauen de la bossa, es pol·linitzen manualment i es torna a col·locar la bossa.

La pol·linització manual d'autogàmia es realitzà amb unes pinces, prenent les anteres de la pròpia flor i passant-les per l'estigma fins quedar completament cobert de pol·len. Per evitar contaminacions entre flors, les pinces es rentaven amb alcohol 96° abans d'utilitzar-les en cada flor. Transcorregudes 24 hores ja es poden retirar les bosses de tul, pel que es realitzava un marcatge a aquestes flors per fer el posterior seguiment i comprovar els resultats un mes després, quan finalitzava el període de fructificació.

### **3.7. Fructificació**

Per a fer el recompte de fruits es revisa si hi ha a la planta, ja que algunes de les flors que fructifiquen queden subjectades pel pedicel; i si hi ha a les restes acumulades al seu voltant o dins del protector d'herbívors de la planta. Es comprova cada flor que es trobava per si conté fruit o no, i es recol·lectaren només els fruits. De cadascun dels fruits es va fer un recompte de les llavors que conté. Amb estes dades es calcula la relació entre llavors per fruit; i el nombre de fruits per flors registrades.

## 4. Resultats

### 4.1. Floració

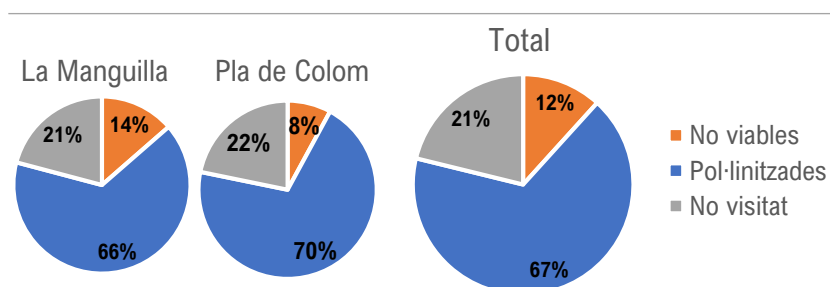
#### 4.1.1. Nombre de flors

En total els 18 dies de registre, s'han comptat 307 flors com s'indica a la **taula 1**, on també podem trobar el nombre de flors per poblacions, en cada estat i en total. La població de la Manguilla (206) ha duplicat el nombre de flors produïdes per la població de Pla de Colom (101). Els individus mostrejats van presentar molta variabilitat respecte a la producció de flors que es mostra a les desviacions estàndards, aplegant a ser majors que les mitjanes. Trobem una producció mitjana de 7,68 flors per planta, i 17,06 per dia. Per al nombre de flors per dies, les desviacions estàndards són més moderades, encara que també més grans que la mitjana en alguns casos com conseqüència de que l'explosió floral es concentra en uns pocs dies.

*Taula 1:* Dades sobre les flors produïdes en cada població i en total. Es mostren per separat els valors totals (en negreta) i els valors en cadascun dels estats diferenciats. S'ha calculat la mitjana ( $\bar{x}$ ) i la desviació estàndard (D.E.) tant per al conjunt de plantes (dintre de l'apartat "per planta", N = 40), per a cada població individual (N = 20) i per al conjunt de dies de mostreig (dintre de l'apartat "per dia", N = 18).

Total						No viables						Pol·linitzades						No visitades					
		Per planta		Per dia			Per planta		Per dia			Per planta		Per dia			Per planta		Per dia				
		$\bar{x}$	D.E.	$\bar{x}$	D.E.		$\bar{x}$	D.E.	$\bar{x}$	D.E.		$\bar{x}$	D.E.	$\bar{x}$	D.E.		$\bar{x}$	D.E.	$\bar{x}$	D.E.			
Manguilla	206	10,30	12,44	11,44	9,99	28	1,40	1,70	1,56	2,33	135	6,75	9,68	7,50	5,26	43	2,15	4,86	2,39	3,93			
P. Colom	101	5,05	4,35	5,61	6,05	8	0,40	0,68	0,44	0,98	71	3,55	4,29	3,94	4,44	22	1,10	1,12	1,22	1,96			
Total	307	7,68	9,58	17,06	14,08	36	0,90	1,37	2,00	2,57	206	5,15	7,57	11,44	7,71	65	1,63	3,52	3,61	5,40			

Malgrat les diferències en la producció total de flors, el percentatge de flors en cada estat no varia gaire entre les dues poblacions, com podem veure a la **figura 6**. Tot i així, s'aprecia en Pla de Colom un menor nombre de flors no viables. En total obtenim que un 67% de les flors van estar pol·linitzades, un 21% no van rebre visites i un 12% presentaven malformacions sobre l'estil o l'estigma o havien estat devorades, impossibilitat qualsevol oportunitat de fecundació. Aleshores ens podríem trobar en una situació en que aproximadament dos terços de les flors produïdes són susceptibles de produir fruit al presentar pol·len a l'estigma, encara que no podem conèixer si hi ha pol·len d'altre individu de *C. h. carthaginensis* o únicament és pol·len que prové d'altres espècies.



*Figura 6:* Percentatge de flors en cada estat segons poblacions i el total de les dues poblacions.

#### 4.1.2. Anàlisi estadística

Els resultats de la prova Kruskal-Wallis no mostren cap diferència significativa entre les dues poblacions. La mediana i la distribució per a la proporció de flors no viables presenten un *p-valor* de 0,243 i 0,267 respectivament, el que no ens permet descartar les hipòtesis nul·les de què aquests són iguals entre poblacions. De la mateixa forma ocorre amb els valors de mediana i distribució per a la proporció de flor pol·linitzades, que donaren un *p-valor* de 0,866 i 0,703 respectivament. Igualment la mediana i la distribució de la categoria no visitades va mostrar un *p-valor* de 0,141 i 0,172 respectivament. Així, podem afirmar que els individus de les dues poblacions tenen un comportament similar en el que respecta a la qualitat de les flors produïdes (ja que no hi ha diferències per a la categoria no viables) i que la probabilitat de que aquestes siguin pol·linitzades es similar a les dues localitzacions a causa que no hi ha diferències per a les categories pol·linitzades i no visitades.

#### 4.1.3. Producció de flors per planta

Si observem la producció de flors per plantes, presentades a la **figura 7**, podem observar l'alta variabilitat entre la quantitat de flors produïdes entre plantes i la quantitat de flors en cada estat. El màxim de flors el va donar la planta P19, que en tot el període va produir 50 flors en els dies de registre. Al contrari, tres plantes (P04, P25 i P26) no produïren cap flor els dies de registre.

Trobem 28 plantes, 16 de La Maguilla i 13 de Pla de Colom, que han registrat pol·linització. Per la seua banda, 17 plantes presentaven flors a la categoria no viables, 11 a la Manguilla i 6 a Pla de Colom. També 6 plantes quedaren totalment excloses de la pol·linització, sense rebre visites a pesar de la producció de flors.

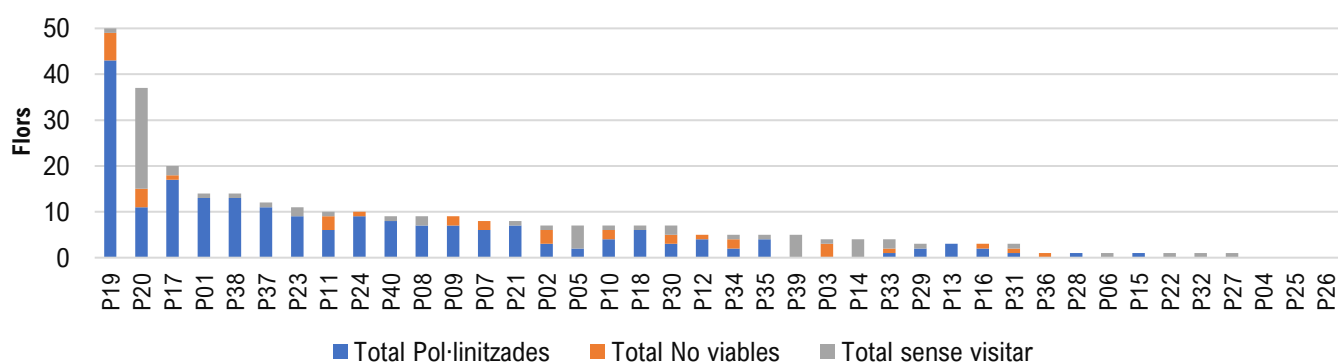


Figura 7: Producció floral per planta total, ordenades de major a menor. Es diferencia la quantitat de flors en cada estat.

La **figura 8**, ens mostra com la majoria de plantes es troben en una producció d'entre 0 i 25 flors, i que els valors superiors d'aquest rang són excepcionals ja que només es registren dos individus (P19 i P20). Per a La Manguilla trobem una distribució més concentrada, en canvi, Pla de Colom presenta una distribució menys definida; tot i així les dues poblacions agrupen la majoria d'individus productors de flors en un rang de 5 a 15 flors en el període de mostreig.

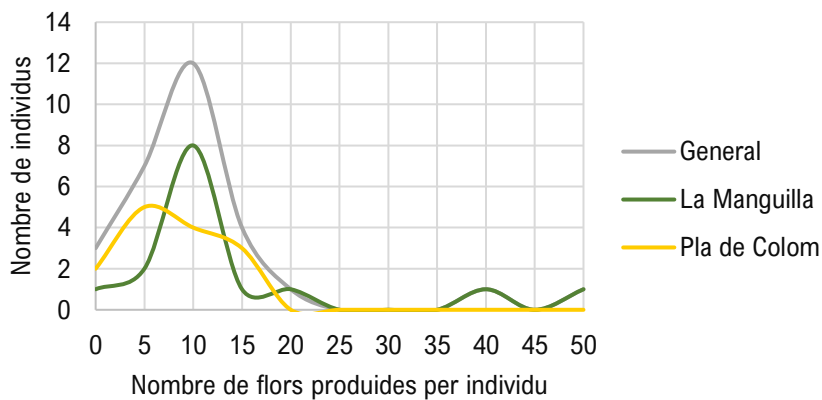


Figura 8: Abundància d'individus per a cada quantitat de flors produïdes per individu.

#### 4.1.4. Distribució temporal de la floració.

La floració de les poblacions estudiades presenta una dinàmica similar, obtenint el pic de floració el mateix dia, el 10 de maig amb un total de 67 flors, a pesar que la població de Pla de Colom inicia la floració uns dies més tard (moment en què tots els dies es registra almenys una flor). A la **figura 9** s'observa com la quantitat de flors totals van augmentant fins aplegar al màxim, moment en que la producció de flors cau dràsticament i es modera. Després, la dinàmica canvia lleugerament; mentre que a la població de La Manguilla la quantitat de flors es va reduint respecte al període anterior al pic, a la de Pla de Colom augmenta, obtenint valors totals de població més alts que els anteriors al pic.

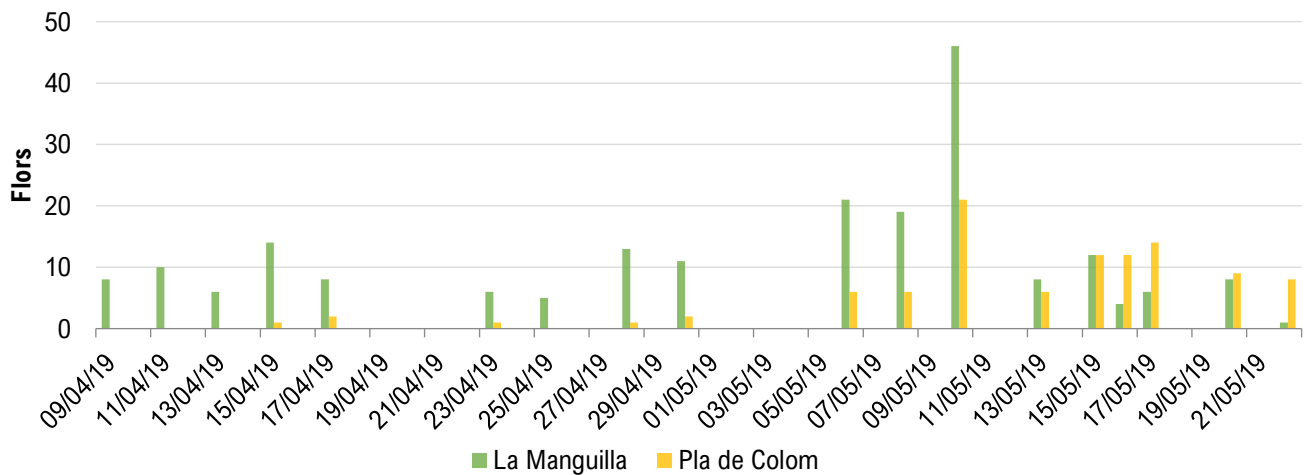


Figura 9: Nombre total de flors produïdes cada dia segons poblacions.

La població de La Manguilla supera la quantitat de flors produïdes per dia a la de Pla de Colom fins abans de passar el pic de floració, moment en que s'igualen i Pla de Colom presenta una producció major respecte a La Manguilla. De la mateixa manera podem veure com les plantes de Pla de Colom no han tingut una floració tan intensa, produint un nombre més moderat de flors fins i tot en el pic de floració, aquesta característica també s'aprecia a la **taula 1**, amb una mitjana de 5,61 flors al dia respecte a les 11,44 de La Manguilla.



Si observem la dinàmica de les plantes individualment, com es mostra a la **figura 10**, observem que la producció diària de flors per planta és molt baixa els primers 20 dies de mostreig, obtenint-se com a màxim quatre flors. En el pic de floració, el nombre màxim de flors produïdes per una individu és 16 i 12, els individus P19 i P20 respectivament. No obstant això, en aquest moment és quan es registra el major nombre de plantes en flor com veiem a la **figura 11** (un total de 22) a pesar que la mitjana de flors produïdes (entre les plantes que han produït eixe dia) és de 3,54 flors per a la població de La Manguilla (13 plantes en flor eixe dia) i 2,33 a Pla de Colom (9 plantes en flor eixe dia).

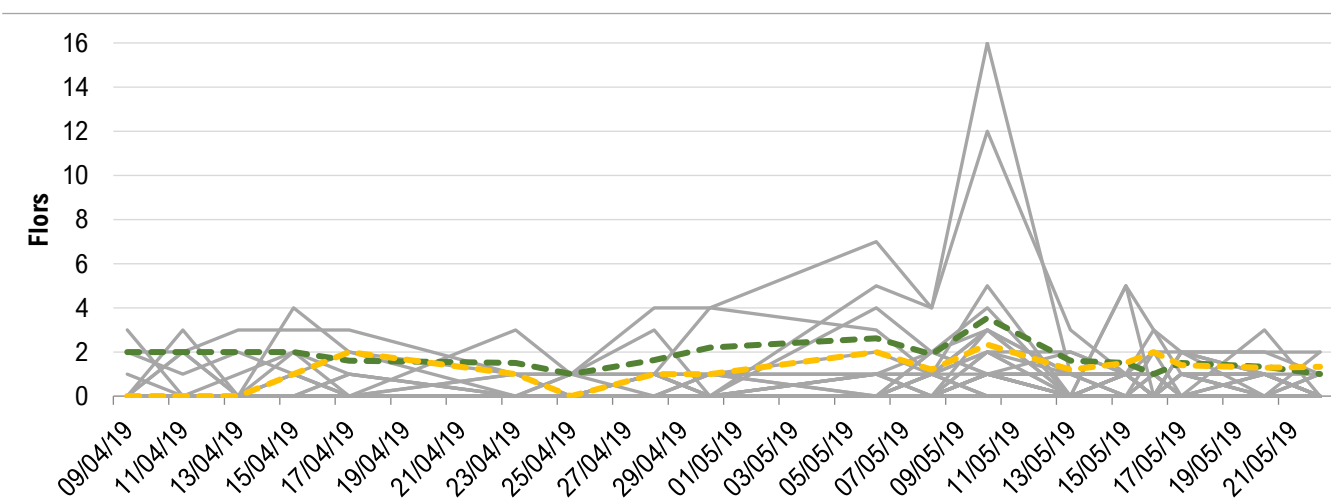


Figura 10: Nombre de flors produïdes cada dia per cada planta, en gris. La mitjana de flors produïdes (entre els individus productors) a les línies de punts, en verd la població de La Manguilla, en groc de Pla de Colom.

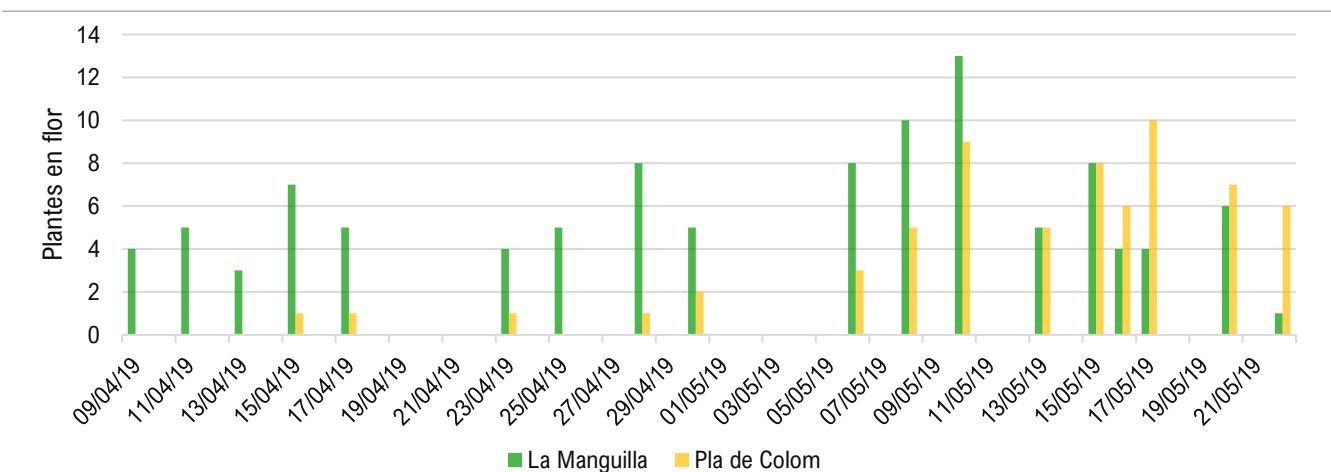


Figura 11: Nombre de plantes en flor cada dia.

Encara que el percentatge de flors en cada estat total per a les poblacions siga similar, entre els dies les proporcions presenten més variabilitat, com veiem a la **figura 12.A**. Principalment trobem dos períodes en que la quantitat de flors no visitades pren molta representació. Una ocorre entre el 17 i 23 d'Abril, moment entre el qual es va donar un episodi de pluges que podria haver impedit una major activitat dels pol·linitzadors fins i tot els dies posteriors.

No obstant això, el següent període comença a detectar-se el dia 6 de maig, mantenint-se fins al final del registre; exceptualment el dia 16 es varen trobar totes les flors viables pol·linitzades. Aquest episodi va estar marcat per l'inici de les fumigacions plaguicides en els camps de conreu dels voltants de l'àrea. La intensitat era suficientment forta per a notar l'olor en l'ambient de les poblacions d'estudi; s'observa que almenys l'activitat de pol·linitzadors es veu molt afectada reduint-se dràsticament, com es presenta a l'apartat 4.3.2.

Malauradament aquest últim episodi en que baixa l'activitat dels pol·linitzadors coincideix amb el pic de floració, provocant que un gran nombre de flors quede sense cap possibilitat de ser fecundada al créixer el nombre de flors no visitades dels pol·linitzadors com veiem a la **figura 12.B**. També podem observar que els dos episodis no tenen el mateix impacte sobre el nombre de flors no visitades, ja que en el primer hi ha 3 flors, en un moment en que la producció de flors també és baixa; mentre que en el segon són 62, que representen un 20% del total produït, un 28% del total de flors produïdes entre eixos dies i quasi totes les flors catalogades com a no visitades.

Pel que fa a la categoria de flors no viables, trobem que varia bastant, aplegant a un màxim del 30% els primers dies, quan la quantitat total de flors era molt baixa i no es registraven flors no visitades; i un 38% al final de la floració. De mitjana la categoria no viables obté un 12%, que representen 36 flors en tota la durada del registre.

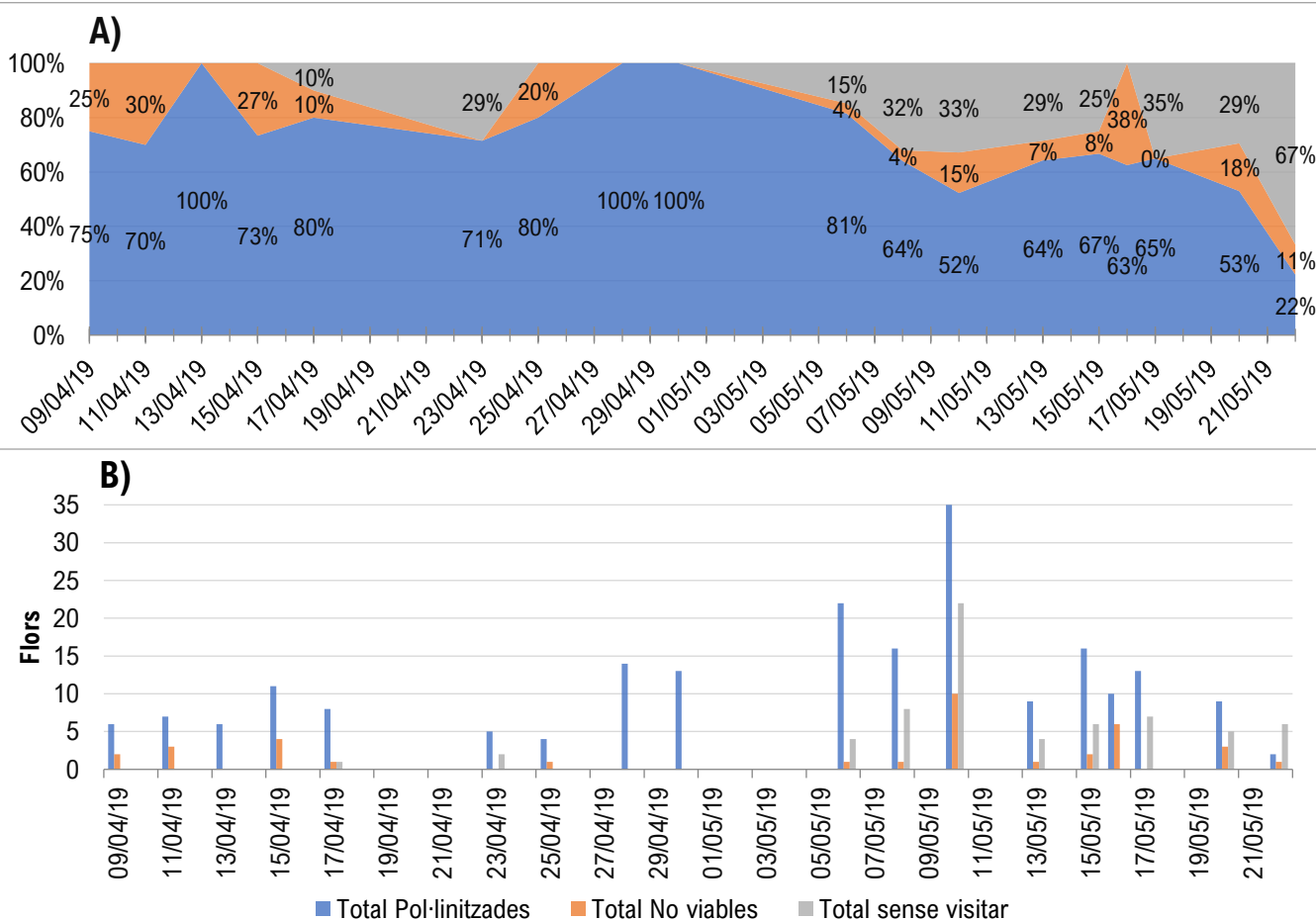


Figura 12: A) Mostra el percentatge de flors en cada estat. B) Mostra el nombre de flors en cada estat de cada dia.

#### 4.1.5. Comprovació dels estats diferenciats de flors

Esta prova no va resultar molt satisfactòria, ja que cap les flors marcades no desenvoluparen fruits. Aquest era un resultat esperable per a les de la categoria no viables i no visitada, ja que en els dos casos era molt improbable que es produïra una fecundació exitosa. Però, s'esperava obtindre fruits amb llavors viables d'almenys alguna de les 11 flors de la categoria pol·linitzades.

### 4.2. Pol·linització

#### 4.2.1. Freqüència de visites i tàxons

La majoria d'espècies han pogut ser identificades, no obstant això, aquelles que no s'han pogut identificar han mantingut el mot utilitzat al registre (com es el cas dels "floricols"), encara que si se'ls ha pogut atribuir a un rang taxonòmic superior. Igualment, al no poder identificar l'espècie de papallona, ja que no es va poder realitzar una fotografia, es va poder catalogar la família i s'ha mantingut aquest rang taxonòmic.

Les espècies sota el mot "Floricol" i *Buprestis 8-guttata* han interactuat amb les flors, però no podríem dir que d'una forma que permeti la pol·linització. Ja que com veurem a l'apartat 4.3.5, les seues visites han estat molt prolongades; i a més, presentaven un comportament en el que no interactuaven pràcticament amb les anteres o l'estigma. L'espècie *Oxythyrea funesta* seria una amenaça ja que pot danyar a la flors al ser espècies polífaga que s'alimenta tant del pol·len com de les parts blanques dels fruits en formació (Arregui *et al.*, 1993); Tot i així la seua incidència va ser molt baixa, amb 2 individus, com es mostra a la **taula 2**.

A banda d'aquest registre també es detectaren altres espècies que interactuaren en els individus de *C. h. heterophyllus* però, al no presentar-se en l'individu de registre no s'han pogut identificar. No es van trobar individus d'espècies característicament pol·linitzadores com les del gènere *Bombus*, encara que es va detectar en l'àrea a pesar de ser molt escàs. Aquest gènere s'utilitza per a les pol·linitzacions de les plantes de l'hort-planter al CIEF al ser un pol·linitzador molt eficaç (revisat a Direcció General de Medi Natural i d'Avaluació Ambiental, 2018).

En el cens obtingut dels registres s'observen almenys 8 superfamílies d'insectes, que en conjunt sumen 14 espècies diferents. Com podem veure a la **taula 2**, en total hi ha 403 individus censats que realitzaren un total de 1206 visites. No obstant la majoria de mostres per als dos casos les proporciona *Apis mellifera*, sent l'espècie que més activitat ha registrat, amb l'abundància més alta, que supera notablement (13 vegades major aproximadament) l'abundància del següent grup que més visites registra, els múscids. Per aquest motiu, els Apoïdeus és el grup més rellevant, que en conjunt suma aproximadament 89,72% de les visites i el 85,36% dels individus censats.

Taula 2: Freqüències (Freq.), individus diferents de cada espècie (ind.), percentatges i abundància (Abund.) de visites per unitat de temps. En negreta trobem les espècies agrupades per superfamília o família, i els valors totals per a aquests grups. Els valors de l'abundància s'han multiplicat per 100 per fer els valors fàcils de tractar.

	Freq.	%	Ind.	%	Abund.
<b>Apoidea</b>	<b>1082</b>	<b>89,72</b>	<b>343</b>	<b>85,36</b>	
<i>Apis mellifera</i>	1030	85,41	330	81,89	24,52
<i>Lasioglossum malachurus</i> c.f.	43	3,57	8	1,99	1,02
<i>Anthidium florentinum</i>	7	0,58	5	1,24	0,17
<i>Colletes succinctus</i>	2	0,17	1	0,25	0,05
<b>Muscidae</b>					
<i>Musca domestica</i>	75	6,22	24	5,96	1,79
<b>Syrphidae</b>	<b>20</b>	<b>1,66</b>	<b>9</b>	<b>2,23</b>	
<i>Episyrphus balteatus</i>	10	0,83	3	0,74	0,24
<i>Syrphus ribesii</i>	7	0,58	4	0,99	0,17
<i>Xanthogramma pedissequum</i> c.f.	3	0,25	2	0,50	0,07
<b>Staphylinidea c.f.</b>					
<i>Floricol I</i>	18	1,49	17	4,22	0,43
<b>Carabidae c.f.</b>	<b>5</b>	<b>0,41</b>	<b>4</b>	<b>0,99</b>	
<i>Floricol II</i>	4	0,33	3	0,74	0,10
<i>Floricol III</i>	1	0,08	1	0,25	0,02
<b>Scarabaeoidea</b>					
<i>Oxythyrea funesta</i>	3	0,25	2	0,50	0,07
<b>Buprestoidea</b>					
<i>Buprestis 8-guttata</i>	2	0,17	2	0,50	0,05
<b>Papilionoidea</b>					
<i>Fam. Pieridae</i>	1	0,08	1	0,25	0,02
<b>Total</b>	<b>1206</b>		<b>403</b>		

#### 4.2.2. Distribució temporal de les visites

Al llarg dels 14 dies, el nombre de visites que es registraven també va variar fortament com es mostra a la **figura 13**. La mitjana són 86,14 visites al dia. Trobem el màxim el dia 28 d'abril, tot i així la intensitat horària màxima es registra el dia 13 d'abril, amb un valor de 18,00 visites per flor, però podria deure's que eixe dia només es produeixen 6 flors. Per la seua banda, el dia 28 d'abril n'obté 14 per flor.

Hi ha dos períodes en que l'activitat baixa bruscament, del 17 al 23 d'abril i a partir del 8 de maig. Com ja s'ha comentat anteriorment es a causa d'un episodi de pluges en primer lloc i a fumigacions plaguicides sobre els camps del voltant en segon lloc, que van obligar a acabar el registre de pol·linitzadors. Amb aquestes dades, comprovem que l'activitat dels pol·linitzadors es veu fortament afectada pels tractaments plaguicides que s'apliquen en els terrenys dels voltants com ja ho ha mostrat Calvo-Agudo *et al.*, (2019).

A més, s'aprecia com el nombre de flors en l'estat no visitades augmenta quan el nombre de visites disminueix. La prova de correlació de Pearson (unilateral) ens dona un p-valor = 0,042, pel que podem assumir que hi ha una correlació entre aquestes dues mesures. El coeficient de correlació de Pearson presenta un valor de -0,477, el que indica que la correlació és negativa; és a dir, a major nombre de visites hi ha un menor nombre de flors no visitades i viceversa.

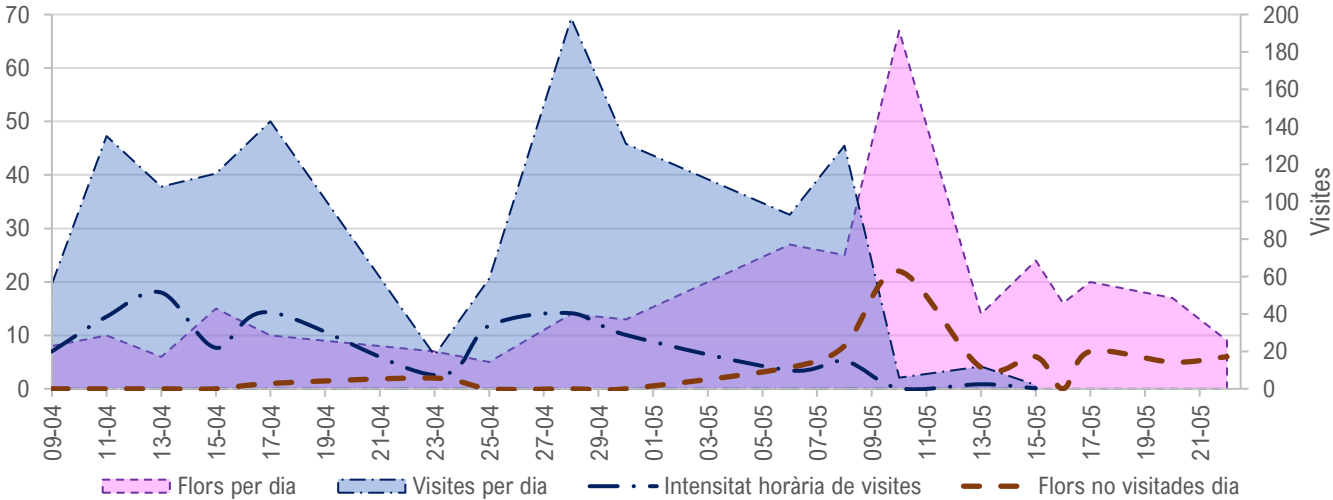


Figura 13: Distribució temporal de les distintes variables mesurades. El nombre de visites per dia utilitza l'eix Y secundari (dreta), la resta l'eix primari Y (esquerra).

Si observem com s'han distribuït les visites entre els tàxons, aquests no s'han presentant uniformement al llarg dels dies. Trobem el màxim de tàxons el dia 15 d'abril, amb 8 espècies; però de mitjana és de 3,5 espècies per planta diàriament, com s'indica a la **taula 3**. No obstant això, a mesura que avança el registre, la biodiversitat per dia baixa, reduint-se a solament 2 tàxons els últims dies. Com ja s'havia comentat a apartats anteriors, *A. mellifera* al ser el tàxon més representat emmascara la resta d'espècies, com es mostra a la **figura 14**. Així mateix, es troba present tots els dies excepte el 10 de maig, pel que és un pol·linitzador molt recurrent per al *C. h. carthaginensis*.

Taula 3: Nombre de tàxons registrat cada dia. Es calcula la mitjana de tàxons per dia i la desviació estàndard (D.E.).

Dia	09-04	11-04	13-04	15-04	17-04	23-04	25-04	28-04	30-04	06-05	08-05	10-05	15-05	Mitjana	D.E.
Tàxons	4	4	6	8	3	2	3	4	2	3	4	2	2	3,50	1,74

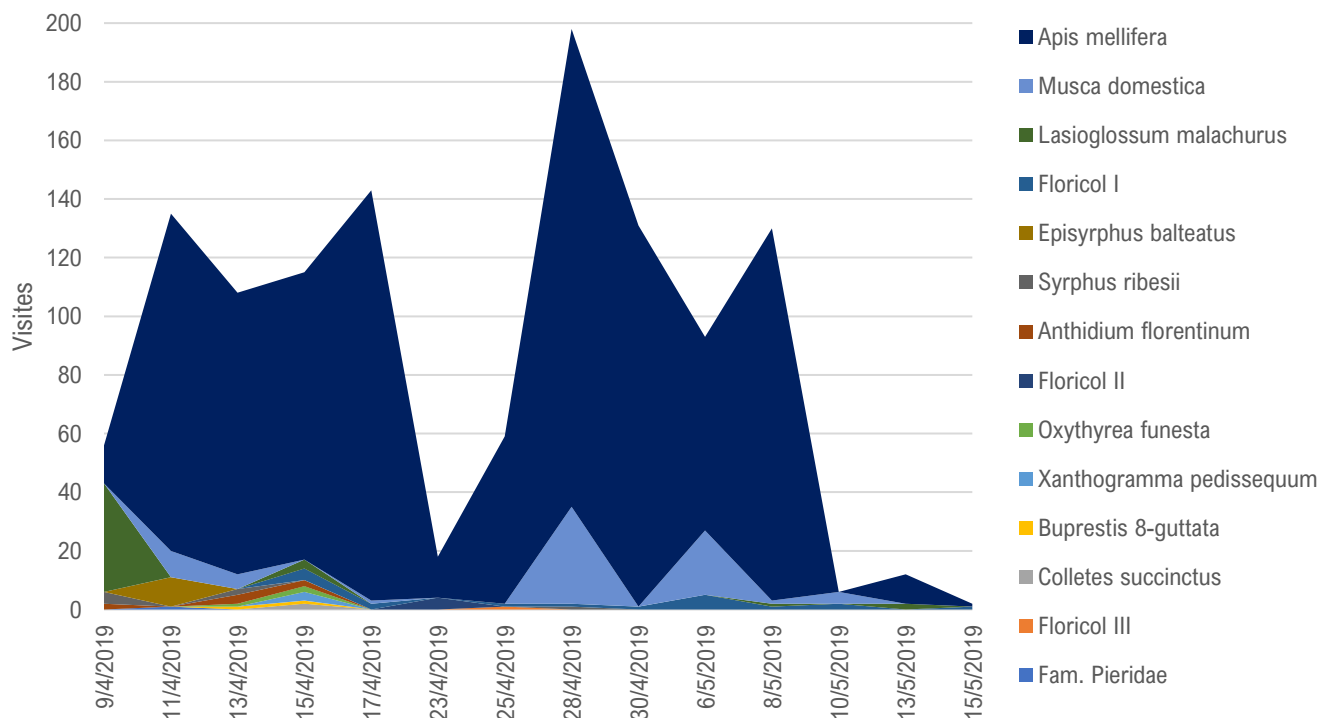


Figura 14: Gràfic que mostra la quantitat de visites registrades per a cada tàxon al llarg del període d'estudi. Les espècies estan ordenades de major a menor nombre de visites de dalt a baix, a la llegenda,.

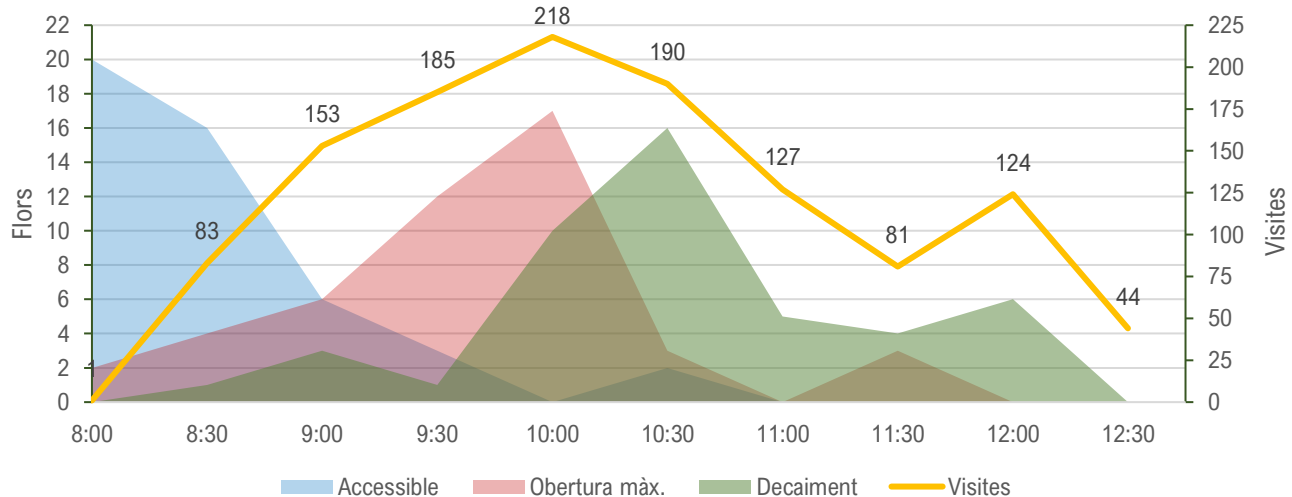
#### 4.2.3. Antesi i corba de vol general

Amb les dades de l'antesi de les flors i el nombre de visites, s'ha elaborat la **figura 15**, en la que podem trobar per rangs de 30 minuts el nombre de flors en cada fase de l'antesi i el nombre de visites total que s'ha registrat a cada hora al llarg de tots els 14 dies de registre.

S'ha observat que l'antesi de les flors ocorre de forma que permet la pol·linització. Com podem veure a la **figura 15**, les flors comencen a obrir-se abans de que comencen les visites dels insectes, per tant en la majoria es troben disponibles per a quan aquests inicien la seua activitat. També podem observar com les flors van aconseguint una màxima obertura que coincideix amb el pic de visites dintre del rang 10:00 a 10:30. Poc després comença el decaïment una vegada s'ha superat el pic de visites, que segueix una dinàmica molt similar a l'obertura màxima, però correguda en el temps i més prolongada en finalitzar. Curiosament les flors en aquesta categoria segueixen el patró marcat per les visites, el que ens podria indicar una relació entre esta fase i la visita a pels pol·linitzadors a les flors.

L'activitat dels pol·linitzadors s'inicia prompte pel matí, començant la majoria de les visites al voltant de les 8:30. A partir d'aquest moment continua creixent fins aplegar al pic de visites. Aquest pic principal se situa en el rang de 10:00 a 10:30; però també trobem un altre de quasi la meitat de visites entre el lapse de 12:00 a 12:30. Malgrat el pic secundari, a partir de les 10:30 es marca una tendència de disminució del nombre de visites.

Amb la **figura 15** també podem determinar que la màxima quantitat de visites es dona en el moment de màxima fecunditat de les flors (Boscaiu, 1997), el que afavoriria la fecundació d'aquestes i la producció de fruits. Hem de tindre en compte que, com s'ha comentat en els apartats anteriors, la majoria d'aquestes dades pertanyen a *Apis mellifera* i que per a altres tàxons l'antesi podria estar més descoordinada temporalment respecte a la seua activitat.



*Figura 15:* Nombre de flors (eix Y primari, esquerra) en cada fase de l'antesi. També trobem el nombre de visites acumulades sobre la corba de vol (eix Y secundari, dreta) en cada interval de temps del total dels 14 dies de mostreig. Les dades es distribueixen en rangs de 30 minuts de 8:00 fins a les 13:00.

Tot i així, l'antesi és un procés molt variable al llarg dels dies i que es pot veure afectat per la meteorologia, ja que les flors de l'espècie no s'obren si no reben llum solar directa (Boscaiu, 1997). A la **figura 16**, es mostra la variació al llarg del període d'estudi de l'hora a la que ocorren diferents fases de l'antesi. S'observa una tendència en les tres fases d'ocórrer cada vegada més prompte al llarg de l'estudi, possiblement per l'avançament de l'eixida del sol 45 minuts al llarg de l'estudi. Hem de considerar que les dades de cada dia s'obtenen de plantes diferents, el que afegeix variabilitat entre els dies; també que el nombre de mostres, és a dir flors, de cada dia és variable com podem veure a la **taula 4**, la mitjana es 3,62 flors al dia registrades. No es van mostrear més plantes ja que el registre de pol·linitzadors impedia moure's de la planta que s'està estudiant. A més cal recordar que com s'ha observat, no sempre les fases de l'antesi es donen al mateix temps a totes les flors de la planta, encara que en moltes ocasions coincideix.

Per últim, els insectes modifiquen la seua activitat en funció de les condicions meteorològiques, de la mateixa forma que les plantes regulen l'antesi, el que impediria que no trobaren flors disponibles en el moment de màxima activitat. De la mateixa manera, les flors son accessibles normalment abans de les 10:00 durant els dies d'estudi, el que permet la total disponibilitat de les flors en el moment de màxima activitat pol·linitzadora.



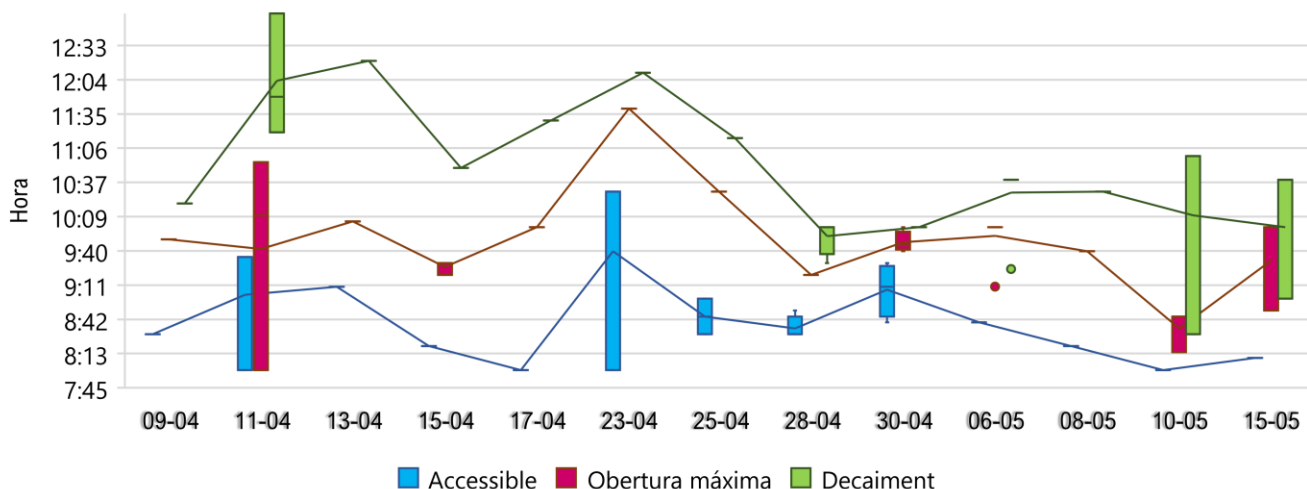


Figura 16: Variació horària de cadascuna de les fases de l'antesi.

Taula 4: Nombre, mitjana i desviació estàndard (D.E) de flors en les que s'ha mostregjat l'antesi per a cada dia.

Dia	09-04	11-04	13-04	15-04	17-04	23-04	25-04	28-04	30-04	06-05	08-05	10-05	15-05	Mitjana	D.E.
Flors	3	3	3	3	3	3	2	4	4	7	4	3	5	3,62	1,26

#### 4.2.4. Corbes de vol dels tàxons

Cada tàxon presenta una corba de vol distinta amb un pic de visites cadascuna com podem vore a la **figura 17**. Tot i això, algunes corbes són similars i presenten pics que coincideixen en el temps, com és el cas d'*Apis mellifera* i *Musca domestica*. Aquestes dues espècies mostraren una competència per les flors, ja que es va observar que quan les abelles apareixien la mosca se n'anava de la flor i s'amagava entre les fulles de la planta o canviava de flor. Igualment, *Lassioglossum malachurus* també presenta una corba similar a les abelles, produint-se un altre pic secundari sobre les 12:00, però inicia la seua activitat una hora més tard. També es va observar un comportament similar de competència com el descrit per a *M. Domestica* amb les abelles.

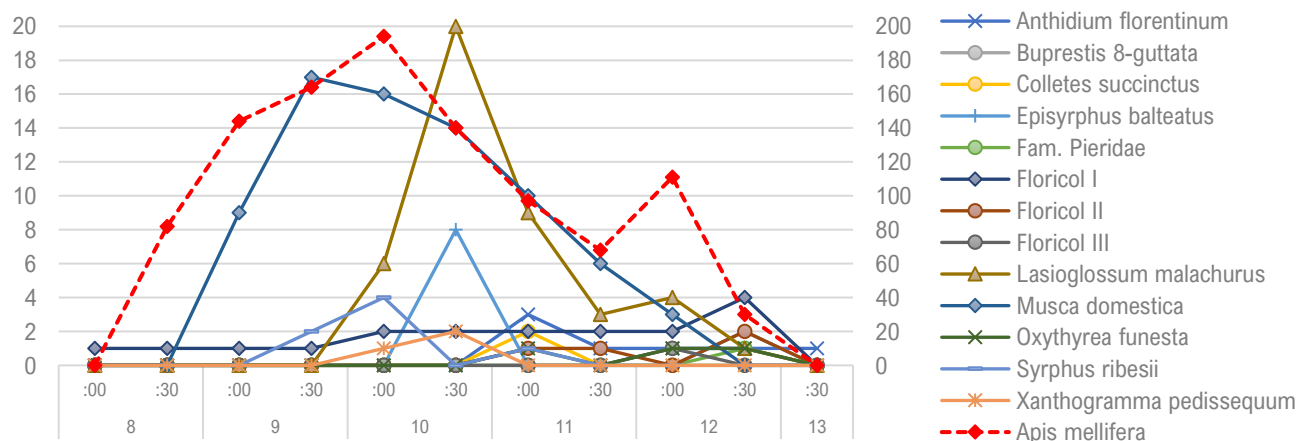


Figura 17: Corbes de vol de cada tàxon diferenciat, nombre d'individus en cada rang horari acumulat en tot l'estudi. Tots utilitzen l'eix Y primari (esquerra); solament *Apis mellifera* utilitza l'eix secundari Y (dreta) ja que sinó emmascara les dades de la resta d'espècies.

#### 4.2.5. Duració de les visites i visites per individu

En la **taula 5** es presenta la mitjana de la duració de les visites dels tàxons, que és informativa de l'efectivitat que pot tindre la visita del tàxons en la pol·linització. La duració de les visites presenta una alta variabilitat entre individus de la mateixa espècie, com es pot vore als valors de la duració màxima i mínima de les visites. A causa de la manca de casos, en algunes espècies no s'ha pogut calcular la desviació estàndard ja que només s'ha registrat un individu.

*Taula 5:* Duració mitjana, màxima, mínima i desviació estàndard (en hores, minuts i segons) de les visites registrades per a cadascun dels tàxons detectats. Les desviacions estàndards amb el signe “-” no s'ha calculat ja que sols s'ha registrat un individu i no es pot calcular.

	Mitjana	Màxim	Mínim	D.E.
<b>Apoidea</b>	<b>0:00:25</b>	<b>0:18:18</b>	<b>0:00:01</b>	<b>0:00:55</b>
<i>Anthidium florentinum</i>	0:00:03	0:00:10	0:00:01	0:00:03
<i>Apis mellifera</i>	0:00:22	0:18:18	0:00:01	0:00:52
<i>Colletes succinctus</i>	0:00:04	0:00:06	0:00:01	0:00:04
<i>Lasioglossum malachurus</i>	0:01:26	0:05:50	0:00:01	0:01:33
<b>Buprestoidea</b>				
<i>Buprestis 8-guttata</i>	0:19:18	0:30:22	0:08:14	0:15:39
<b>Carabidae</b>	<b>0:17:18</b>	<b>1:00:23</b>	<b>0:01:09</b>	<b>0:24:19</b>
<i>Floricol II</i>	0:06:31	0:10:23	0:01:09	0:03:53
<i>Floricol III</i>	1:00:23	1:00:23	1:00:23	-
<b>Muscidae</b>				
<i>Musca domestica</i>	0:03:25	0:20:01	0:00:02	0:04:11
<b>Papilionoidea</b>				
<i>Fam. Pieridae</i>	0:00:05	0:00:05	0:00:05	-
<b>Scarabaeoidea</b>				
<i>Oxythyrea funesta</i>	0:09:16	0:20:10	0:00:16	0:10:05
<b>Staphylinoidea</b>				
<i>Floricol I</i>	0:51:51	1:50:00	0:02:36	0:35:19
<b>Syrphidae</b>	<b>0:01:24</b>	<b>0:08:19</b>	<b>0:00:02</b>	<b>0:02:17</b>
<i>Episyrphus balteatus</i>	0:02:21	0:08:19	0:00:02	0:02:59
<i>Syrphus ribesii</i>	0:00:26	0:01:28	0:00:03	0:00:26
<i>Xanthogramma pedissequum</i>	0:00:44	0:00:44	0:00:44	-

També es va analitzar el nombre de visites que realitza cada individu pol·linitzador sobre les diferents flors de la mateixa planta al llarg de la seua estada fins que s'allunya definitivament de la planta. Aquestes dades presentades en la **taula 6**, ens poden informar de si l'activitat dels individus pot afavorir la fecundació per geitonogàmia, és a dir, entre flors de la mateixa planta. Trobem que *A. mellifera* presenta un comportament en que passa varies vegades per totes les flors de la planta de forma freqüent, aplegant a realitzar de màxim 21 visites en la mateixa estada; el que podria afavorir la producció de fruits per aquest tipus de fecundació. *L. malachurus* també presenta un gran nombre de repetició de visites sobre les flors de la planta, aplegant a un màxim de 16 visites. Exceptualment trobem 24 visites dintre de la mateixa estada per a el grup dels múscids. La resta d'espècies es mantenen dintre del rang 1 a 6 flors visitades per estada.

Com es presenta a la **taula 6**, la gran part dels individus de totes les espècies (40%) realitzen una única visita i abandonen la planta (només entren en contacte en una única flor en cada estada). Però, 60% restant de les estades impliquen visites a més d'una flor; d'aquest els 46% dels individus realitzaren entre 2 i 5 visites i el 11% entre 6 i 10; només un 3% dels insectes va aplegar a més de 10 visites en cada estada. Aquestes dades ens indiquen que quasi la meitat de les estades dels insectes passaren per totes les flors de la planta, fins i tot repetides vegades; el que augmentaria la probabilitat de fecundació per geitonogàmia.

*Taula 6:* Nombre d'individus de cada espècie que realitzen un nombre determinat de visites a flors diferents durant la seua estada a la planta abans de allunyar-se definitivament d'ella. Davall es calcula el nombre total d'individus per a cada nombre de flors visitades per estada.

<b>Nombre de flors visitades per estada</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>21</b>	<b>24</b>	<b>Total</b>
<b>Apoidea</b>	<b>123</b>	<b>69</b>	<b>53</b>	<b>28</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>		<b>343</b>
<i>Apis mellifera</i>	117	66	52	28	14	16	11	8	5	4	4	2		1		1	1		330
<i>Lasioglossum malachurus</i>	3	2					1						1		1				8
<i>Anthidium florentinum</i>	3		1																4
<i>Colletes succinctus</i>		1																	1
<b>Muscidae</b>																			
<i>Musca domestica</i>	11	5	3		3	1												1	24
<b>Syrphidae</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>															<b>9</b>
<i>Syrphus ribesii</i>	2	2	1																5
<i>Episyrphus balteatus</i>		1		2															3
<i>Xanthogramma pedissequum</i>	1																		1
<b>Staphylinoidea</b>																			
<i>Floricol I</i>	18	1																	19
<b>Carabidae</b>	<b>3</b>	<b>1</b>																	<b>4</b>
<i>Floricol II</i>	2	1																	3
<i>Floricol III</i>	1																		1
<b>Scarabaeoidea</b>																			
<i>Oxythyrea funesta</i>	1	1																	2
<b>Buprestoidea</b>																			
<i>Buprestis 8-guttata</i>	2																		2
<b>Papilionoidea</b>																			
<i>Fam. Pieridae</i>	1																		1
<b>Total</b>	<b>161</b>	<b>80</b>	<b>57</b>	<b>30</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>403</b>
<b>%</b>	<b>40</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>&lt;1</b>	<b>&lt;1</b>	<b>&lt;1</b>	<b>&lt;1</b>	<b>&lt;1</b>	<b>&lt;1</b>	<b>&lt;1</b>	
<b>Suma % per rangs</b>			<b>46%</b>				<b>11%</b>				<b>3%</b>								

### 4.3. Prova d'autoincompatibilitat.

La quantitat de flors pol·linitzades cada dia la podem veure a la **taula 7**. En total a l'experiment es pol·linitzaren manualment 68 flors sobre els 25 individus. D'aquests, es va aconseguir pol·linitzar 3 flors en 20; sobre aquests individus es va aconseguir almenys un fruit a cinc individus diferents. El nombre de llavors que contenen cada fruit són: 2, 12, 16, 10 i 2; en total 42 llavors d'aspecte majoritàriament viables, encara que algunes no totes.

*Taula 7:* Quantitat de flors pol·linitzades manualment per a la prova d'autocompatibilitat en cada dia. També es presenta el total de flors utilitzades, els fruits que han produït i el nombre de llavors total que contenen.

Flors pol·linitzades manualment				Total	Fruits	Llavors
16/05/19	17/05/19	20/05/19	22/05/19			
31	17	18	2	68	5	42

### 4.4. Fructificació

#### 4.4.1. Nombre de propàguls

A la **taula 8** es mostra que en total 19 plantes han aconseguit produir fruits amb llavors, lleugerament la meitat de la quantitat de plantes estudiades. En total han produït 61 fruits, que contenen 539 llavors. De mitjana aquestes plantes han produït 3,21 fruits i 28,37 llavors. Crida l'atenció la variabilitat del nombre de llavors per planta, mostrant una desviació estàndard major que la mitjana. Hem de considerar que el nombre de flors no és el total que ha produït la planta, sinó el registrat, per tant és una dada aproximada.

Les dades per poblacions sorprenen ja que, la població de Pla de Colom ha produït quasi el doble de fruits que la població de la Manguilla, a pesar que en la producció de flors la població de La Manguilla doblava a la de Pla de Colom. Tanmateix, en el cas del nombre de llavors, Pla de Colom a quadruplicat les llavors produïdes per La Manguilla.

*Taula 8:* Es mostra el total de plantes que han produït fruits. Es calcula la mitjana ( $\bar{x}$ ) i desviació típica (D.E.) per a la quantitat de fruits i llavors produïdes per planta dels individus que han produït fruits. També es calcula la mitjana poblacional de la mitjana de llavors per fruit i la mitjana poblacional del nombre de fruits pel nombre de flors produïdes.

	Plantes productores	Fruits			Llavors			Mitjana Llavors/fruit	Mitjana Fruits/Flors
			$\bar{x}$	D.E.		$\bar{x}$	D.E.		
La Manguilla	9	23	2,56	1,51	101	11,22	9,01	4,94	0,25
Pla de Colom	10	38	3,80	3,74	438	43,80	63,43	8,61	0,50
Total	19	61	3,21	2,90	539	28,37	48,24	6,87	0,38

La mitjana de llavors produïdes per fruit ens indica que Pla de Colom és més fèrtil, aconsegueix més llavors per fruit; i la mitjana de fruits per flors, que una major quantitat d'òvuls s'ha pol·linitzat (Ferrer-Gallego *et al.*, 2017), ja que la meitat de les flors produïdes durant el registre s'ha desenvolupat en fruit.

#### 4.4.2. Propàguls per planta

Si observem les dades per planta de la **taula 9**, podem veure que la planta que més fruits i llavors ha produït és la P38, amb 11 i 204 respectivament; que queda allunyada de la que es troba en segon lloc, la P37, que registra 10 fruits però aproximadament la meitat de llavors, 94. Entre aquestes plantes sumen el 34,42% dels fruits produïts, i el 55,29% de les llavors produïdes. Pertanyen a la població de Pla de Colom, que ha registrat la majoria de plantes amb una producció de llavors per fruit major a la de La Manguilla, com veiem a la **figura 18.A**. En aquesta figura es mostra que cap individu de La Manguilla ha produït fruits amb més de 20 llavors i que la majoria d'individus produeixen fruits amb menys de 15 llavors; mentre que a Pla de Colom s'ha trobat una major producció de llavors per fruit com constatem a les mitjanes d'aquestes dades de la **taula 8**. Respecte a la producció de fruits per planta, la **figura 18.B** mostra l'alta variabilitat, com ja indicava l'alta desviació estàndard de la població de Pla de Colom, i no s'aprecia cap tendència entre les poblacions. S'observen valors extrems causat pels individus abans esmentats; però, la resta de plantes han produït menys de 6 fruits, sent la moda 1 fruit per planta.

*Taula 9: Nombre de fruits i llavors produïts per cada planta, ordenats de major a menor segons el nombre de llavors produïdes. Només es mostren les plantes que han produït fruits. Es calcula el nombre de llavors per fruit i el nombre de fruits pel nombre de flors produïdes registrades.*

	Total fruits	%	Total llavors	%	Llavors / Fruit	Fruit / Flor
P38	11	18,03	204	37,85	18,55	0,79
P37	10	16,39	94	17,44	9,40	0,83
P24	5	8,20	60	11,13	12,00	0,50
P08	4	6,56	26	4,82	6,50	0,44
P21	3	4,92	26	4,82	8,67	0,38
P09	4	6,56	25	4,64	6,25	0,44
P23	2	3,28	18	3,34	9,00	0,18
P05	1	1,64	15	2,78	15,00	0,14
P30	1	1,64	14	2,60	14,00	0,14
P17	5	8,20	12	2,23	2,40	0,25
P31	2	3,28	8	1,48	4,00	0,67
P35	2	3,28	7	1,30	3,50	0,40
P10	2	3,28	6	1,11	3,00	0,29
P19	2	3,28	6	1,11	3,00	0,04
P40	1	1,64	5	0,93	5,00	0,11
P01	3	4,92	4	0,74	1,33	0,21
P16	1	1,64	4	0,74	4,00	0,33
P11	1	1,64	3	0,56	3,00	0,10
P22	1	1,64	2	0,37	2,00	1,00

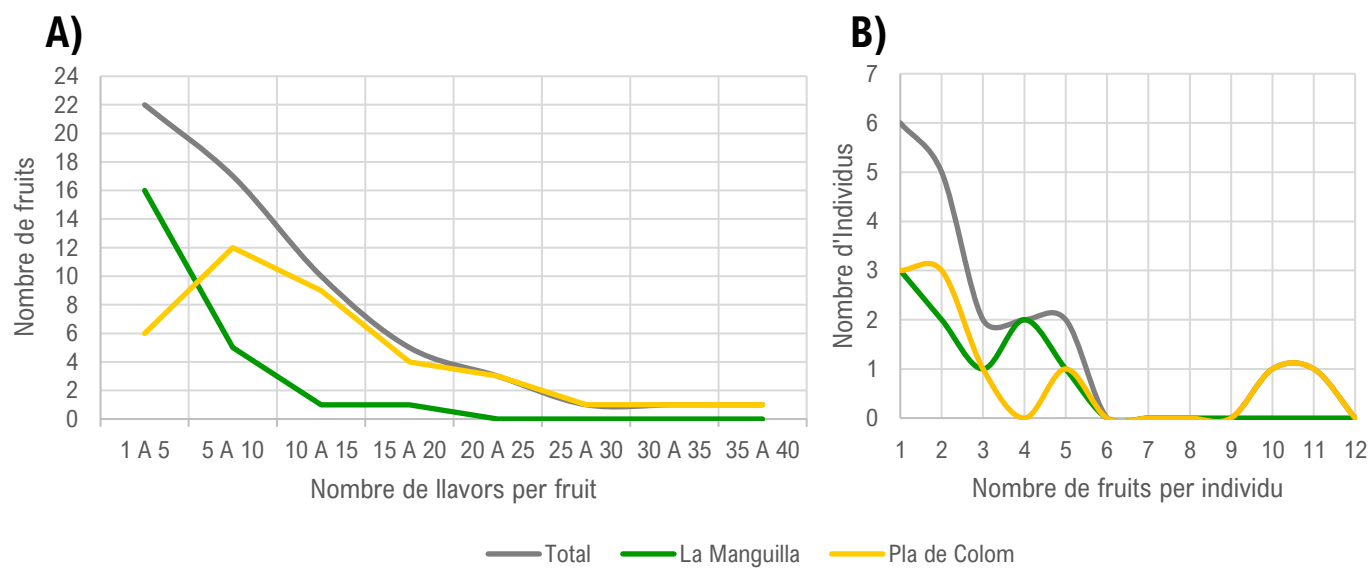


Figura 18: A) Mostra el nombre de fruits per rang de nombre de llavors de les plantes que han fructificat. B) Mostra el nombre d'individus per a cada quantitat de fruits produïts per individu.

## 5. Discussió

### 5.1. Floració

El fet d'escollir a l'atzar els individus d'estudi ens ha permès mostrejar molta de la variabilitat de les poblacions, ja que trobem individus als dos extrems de la producció de flors com es pot vore a les **figures 7 i 8**. Per tant la grandària mostral es podria considerar adequada. Tot i això, cal recordar que tots els individus provenen del mateix hort-planter, amb els mateixos parents; pel que caldria analitzar quins són els factors ambientals o genètics que estan provocant aquesta variabilitat.

En total es registren 307 flors sobre amb una mitjana de flors per planta baixa (7,68). A més, hi ha una diferència molt gran entre la producció de flors de La Manguilla i Pla de Colom, pel que seria interessant estudiar que està causant que aquesta segona població registre la meitat de flors.

Malgrat que la quantitat total de flors siga molt diferent entre poblacions, com s'ha comprovat amb la prova Kruskal-Wallis, no hem trobat diferències significatives entre les proporcions de flors en cada estat per a les poblacions. Tanmateix, les proporcions de flors en cadascun dels estats són molt similars, com es mostra a la **figura 6**; indicant possiblement que les dues poblacions tenen un comportament similar respecte a flors no viables i en quant a l'activitat dels pol·linitzadors. Per la seua banda les flors no viables es mantenen més o menys presents en tot l'estudi. Hem de recordar que dintre la categoria no viables, s'inclouen conjuntament les flors amb malformacions i que han patit un atac, presentant les parts sexuals destruïdes o afectades; ja que era difícil determinar clarament la causa, el que ens impedeix extraure idees clares sobre els motius que les provoquen. En total per a les dues poblacions s'aconsegueix un 88% de flors viables, de les quals un 67% són pol·linitzades, aquesta dada mostra el potencial reproductiu d'aquests individus.

De les 40 plantes de l'estudi 37 produïren flors, però només 28 foren pol·linitzades i 6 quedaren excloses de la pol·linització. No totes les plantes estudiades presentaren flors no viables, ja que aquestes únicament es van trobar en 17 plantes diferents. La majoria de plantes es concentren en un rang de 5 a 15 flors produïdes. Aquesta dada, igual que la mitjana de flors per planta per a la població; ens mostra la baixa producció de flors per individu, tenint en compte que es registren dades de 18 dies. Un dels motius que podria explicar la baixa producció podria ser l'edat dels individus (aproximadament 2 anys); pel que aquests encara no hauran aplegat a la maduresa sexual.

Encara que les mitjana del nombre de flors per dia (17,06) també siga baixa, hem de recordar que l'estratègia de l'espècie consisteix en concentrar la floració en uns pocs dies, amb un pic marcat, com el que observem a les **figures 9 i 10**. Com s'ha registrat ja en viver (Ferrer-Gallego *et al.*, 2018) i en altres espècies del gènere (Bosch, 1992). La dinàmica de la floració s'ha donat a les dues poblacions de forma coordinada, i dintre del rang observat en altre estudis, és a dir, de principis d'abril a finals de maig (Boscaiu, 1997; Ferrer-Gallego *et al.*, 2018). Intuïm que el pic de floració presenta alguna relació amb la temperatura ambiental, la que podria estar provocar-lo amb un augment sobtat els dies de primavera, quan normalment oscil·la de forma estable. La temperatura mitjana diària de les dues setmanes anteriors al pic de floració, oscil·la entre els 14 i 16 °C; però des del dia 6 de maig la temperatura mitjana augmenta, passant dels 13,6°C fins als 26,1°C del dia 10 de maig, en el que es dona el pic de floració. El nombre de flors passa de 27 a 67 entre els dies esmenats.



Que se superen certs llindars de temperatura podria ser un desencadenant de la floració (Elzinga *et al.*, 2007). Hipotèticament, seria una forma amb la qual es podria coordinar la floració entre els individus de la població per augmentar la probabilitat de fecundació creuada al augmentar el nombre de flors disponibles per dia. El dia 10 de maig també es registra el major nombre de plantes en flor (**figura 11**). De la mateixa manera, els dies posteriors a les precipitacions augmenta moderadament el nombre de flors. La informació meteorològica s'obté de l'estació meteorològica de la Conarda, a Bétera de la xarxa AVAMET, situada en un enclau similar al de les nostres poblacions, a aproximadament 9 quilòmetres de distància. Malauradament el nostre disseny experimental no preveia analitzar aquest factor, pel que no l'hem pogut realitzar una inferència estadística. Després del pic de floració la producció de flors disminueix, a causa possiblement de l'extenuació de la planta.

#### 5.1.1. Prova de determinació de l'estat de la flor

Encara que algunes flors es presentaren com pol·linitzades, com s'ha comentat, amb aquest reconeixement visual no podem saber si entre el pol·len depositat es troba present de *C. h. subs. carthaginensis*; aquest podria ser un dels motius pels quals aquesta prova ha fallat. Un altre motiu, podria ser que el mostreig no haja estat suficientment intensiu, ja que la producció de fruits en general de la població ha estat molt baixa (0,38 fruits per flor). Com a millora de la metodologia experimental, caldria haver marcat les flors pol·linitzades de les 40 plantes seleccionades inicialment, en lloc d'altres plantes aleatòries; d'aquesta forma s'haguera pogut estudiar millor l'efectivitat de la pol·linització de la zona i aplicar mesures per a millorar-la.

### 5.2. Pol·linització

#### 5.2.1. Freqüència de visites i tàxons

En total s'han registrat 14 tàxons diferents, pertanyents a 8 superfamílies. Però, el nombre de tàxons que interactuen amb l'espècie pot ser major, ja que s'ha observat una major diversitat de pol·linitzadors en l'àrea que no han interactuat amb l'espècie en el moment de registre, però que si que podrien haver interactuat en altres ocasions. A més, cal esperar que la presència humana en les proximitats de la planta que s'està estudiant, selecciona aquells tàxons que tinguen un determinat comportament sota la presència humana.

Malgrat la diversitat trobada, algunes espècies no mostraren una activitat que podríem qualificar com pol·linitzadora. La presència de coleòpters polífags com *Oxythyrea funesta*, poden causar prejudicis sobre la capacitat reproductiva de les flors (a pesar de que poden tindre cert potencial pol·linitzador) (Arregui *et al.*, 1993).

L'espècie *Apis mellifera* suposa el pol·linitzador més rellevant en termes de freqüència de visites, nombre d'individus i abundància com es comprova a la **taula 2**. Igualment, es tracta d'un tàxon present en quasi tots els dies de registre. A més, com ens mostren les **figures 15, 16 i 17**; trobem un molt bon acoblament entre l'obertura de les flors i la seua activitat pol·linitzadora. Tanmateix, les espècies del gènere *Cistus* destaquen perquè la major recompensa per als pol·linitzadors és el pol·len; ja que la producció de nèctar és ínfima (Herrera, 1985). Aquest també serà un factor que modificarà que afavoriria especialment *Apis mellifera*.

Per aquestes característiques podríem dir que l'abella de la mel és l'espècie que més participa de la pol·linització de *Cistus heterophyllus* subsp. *carthaginensis* en les poblacions estudiades. Aquesta interacció tan forta entre les dues espècies ja havia sigut mencionada als treballs de Boscaiu (1997) de la mateixa forma que s'ha trobat en altres espècies del gènere (Brandt i Gottsberger, 1988). Altres pol·linitzadors que cal remarcar són *Lasioglossum malachurus* (apoïdeus), *Musca domestica* (múscids) i la família dels sírfids; que sumen un nombre moderat de visites i individus.

### 5.2.2. Distribució temporal de les visites

L'activitat dels pol·linitzadors és molt variable entre els dies com mostra el nombre de visites i la intensitat horària. Aquesta variabilitat, es pot explicar per les condicions meteorològiques que obliguen als insectes a modificar el seu patró de comportament, com s'observa amb la caiguda del nombre de visites entre el 17 i el 23 d'abril a la **figura 13**. Aquests fenòmens també sembla afectar a la diversitat dels tàxons com s'observa a la **taula 3**.

Tot i així, aquest no ha sigut l'únic factor que ha afectat a l'activitat dels pol·linitzadors. Les fumigacions plaguicides que es dugueren a terme la primera setmana de maig en els camps dels voltants de les poblacions afecten profundament a la quantitat de visites i tàxons que es registren. A diferència de la disminució de l'activitat dels insectes pol·linitzadors dels dies 17 a 23 d'abril, a partir del dia 6 de maig, no hi ha una recuperació de l'activitat (en nombre de visites). També el nombre de tàxons es redueix a 2 en aquest segon esdeveniment; mentre que en el primer es recupera en els dies següents. Les fumigacions afecten greument a l'activitat de l'abella de la mel, que desapareix pràcticament a partir del dia 8 de maig.

Aquesta caiguda en l'activitat pol·linitzadora podria estar relacionada amb la quantitat de flors que queden sense pol·linitzar, ja que en aquest període es registra la pràctica totalitat de flors d'aquesta categoria. Així, només entre els dies 6 i 22 de maig, es veuen afectades un 23% del total de flors viables. Amb el càlcul del coeficient de correlació de Pearson confirmarem la correlació negativa entre el nombre de visites i la quantitat de flors no visitades. Desgraciadament, la pèrdua dels insectes pol·linitzadors va ocórrer uns dies abans de que es produïra el pic de floració; el que explica el gran nombre de flors sense visitar.

Aleshores, per a poder aconseguir la màxima producció de fruits a les poblacions s'hauria de considerar protegir els pol·linitzadors, prenent alguna mesura que pugui evitar o disminuir la quantitat d'aquest productes plaguicides que aplega a les àrees d'estudis, o que pugui protegir o reforçar les poblacions d'insectes pol·linitzadors.

Conjuntament amb les dades de pol·linitzadors es va registrar la posició de les flors segons si es situaven dintre o fora del protector de la planta per tal d'esbrinar si hi ha cap efecte sobre les visites dels pol·linitzadors provocades per aquest element. Es registraren en total 724 visites (sobre 24 flors) dins del protector i 482 (sobre 19 flors) que es trobaven fora. Al fer el càlcul de nombre de visites per flor veiem que les flors de dins reben 30,17 visites per flor, mentre que les de fora reben 25,36. Aquests valors són orientatius, ja que com no era un objectiu del treball no es va considerar un disseny experimental per comprovar-ho; però pareix interessant comentar aquestes dades generades amb el registre de pol·linitzadors, ja que no es va observar cap interacció positiva o negativa entre els pol·linitzadors i el protectors.

### 5.2.3. Antesi i corbes de vol

L'estudi de l'antesi i la corba de vol dels pol·linitzadors ens mostra que hi ha molt bon acoblament temporal entre els dos; el que assegura tant la disponibilitat de flors per als pol·linitzadors en el moment que comencen la seua activitat, com un màxim nombre de visites quan la receptivitat de les flors és màxima. Els tàxons restants segueixen la seua pròpia dinàmica a la corba de vol. Com es mostra a la **figura 17**, la resta d'espècies inicia l'activitat més tard (de 30 minuts a 2 hores després de les abelles). En aquests moments les abelles ja han superat el seu pic de visites, pel que la resta d'insectes mantenen certa activitat pol·linitzadora sobre l'estepa en el moment de màxima fecunditat i quan el pol·linitzador principal comença a retirar-se.

### 5.2.4. Duració de les visites i visites per individu

La duració de la visita, temps que l'insecte passa sobre la flor, és molt variable entre individus i entre espècies. Amb aquesta mesura podem determinar si les visites que realitzen els insectes a la flor són suficientment prolongades com per a fer un contacte suficient amb l'estigma i pol·linitzar-lo. No obstant això, tampoc representa una mesura infal·lible que determine clarament l'efectivitat de l'activitat pol·linitzadora, ja que aquesta també depèn del comportament del insecte sobre la flor i la càrrega pol·línica que puga portar en el moment que la visita. Tot i així, és esperable que amb visites més llargues augmente la probabilitat de pol·linització. Aquelles espècies amb duracions molt curtes no asseguruen una pol·linització tan efectiva com aquelles que es passen més temps sobre la flor. No obstant això, amb visites més curtes l'animal té disponible més temps per a fer visites sobre una quantitat major de flors i plantes diferents. La principal espècie pol·linitzadora, *A. mellifera*, inverteix de mitjana 22 segons (D.E. = 52 segons) en cada flor com vegem a la **taula 5**. Aquest sembla un bon equilibri entre el temps que passa a la flor (incrementant la probabilitat de pol·linització) i el temps disponible per a visitar altres flors i plantes.

El fet de que un 60% de les estades de cada individu implicara la visita a més d'una flor de la planta, fa augmentar la probabilitat de que aquesta siga fecundada per geitonogàmia. Aquest comportament s'ha observat en els tàxons de pol·linitzadors més freqüents, com són *A. mellifera*, *Lasioglossum malachurus* i *Musca domestica*. El cas de l'abella de la mel és molt cridaner ja que al comptabilitzar un nombre tan gran d'individus (330) podem observar, com es mostra a la **taula 6**, que la freqüència del nombre d'individus per cada nombre de flors visitades en una mateixa estada es va reduint a mesura que augmenten les visites per estada.

Aprofitant aquesta característica de la comunitat de pol·linitzadors, per tal d'augmentar la probabilitat de fecundació creuada entre individus es podrien plantar nous individus de l'estepa de Cartagena molt pròxims als actuals. D'aquesta forma es persegueix que el pol·linitzador passe per totes les flors de les dues plantes, repetint el comportament que s'ha recollit a la **taula 6**. Així, es podria aconseguir un major nombre de flors fecundades, amb una descendència amb més variabilitat genètica i una proporció de fruits per flor major; reduir-se la probabilitat de fecundació per geitonogàmia.

A pesar que s'han obtingut dades per a determinar l'activitat pol·linitzadora que afavoreix la geitonogàmia, no s'ha realitzat cap prova per esbrinar la probabilitat que té l'estepa de Cartagena de formar fruits per aquesta via. Igualment, no s'han trobat cap experiment d'aquest tipus en l'espècie a la bibliografia, pel que seria interessant dur-lo a terme i connectar-lo amb altres formes d'autoincompatibilitat.

### 5.3. Prova d'autoincompatibilitat

Com es mostra a la **taula 7**, s'ha aconseguit que un 20% de les plantes (i un 7,35% de les flors) en les que s'ha realitzat la l'autopol·linització produïsquen almenys un fruit viable. Per tant *Cistus heterophyllus* subsp. *carthaginensis* no és totalment autoincompatible. Els resultats d'aquesta prova es troben d'acord amb els trobats per altres investigadors, que també aconseguiren una producció fruits amb flors autopol·linitzades (Escribà et al., 2007). Però, entren en contradicció amb els resultats obtinguts al treball de Boscaiu (1997), en que la planta es qualifica com a xenògama obligada segons els càlculs d'índex d'al·logàmia basats en la metodologia de Cruden (1977) i les proves d'autoincompatibilitat manual dutes a terme, que no registren cap fructificació. No obstant això, Boscaiu (1997) si va aconseguir detectar pol·linitzacions per autofecundació espontània.

Mitjançant la prova d'autocompatibilitat s'ha demostrat que es pot superar la barrera d'autoincompatibilitat en els individus introduïts al camp. Cal esmenar que els individus emprats per Boscaiu (1997) són clons obtinguts *in vitro* per l'IVIA als anys 90. Tots els individus produïts així presentaven la característica parental d'autoesterilitat (Ferrer-Gallego, et al., 2018). Tot i això, els individus emprats en l'estudi, ja provenen del creuament sexual d'esqueixos de l'individu descobert en 1986 i de llavors, per tant no presenten esta qualitat com mostren els resultats.

La quantitat de llavors que posseïen els fruits produïts per aquesta via és rellevant (en total 42). En tres dels fruits trobarem un nombre considerable de llavors (12, 16 i 10), el que fa que la mitjana de llavors per fruit (8,40) siga major a la registrada en la fructificació dels altres exemplars d'estudi (6,87). Per això, encara que els pol·linitzadors tinguen un comportament que fa augmentar la probabilitat de fecundació per geitonogàmia; que la majoria d'individus provenen dels mateixos parentals i per tant, presenten poca variabilitat genètica; i que com s'ha comentat a l'apartat anterior, l'espècie no presenta unes barreres d'autoincompatibilitat molt fortes; fins i tot per aquesta via es podria assegurar una producció mínima de llavors.

El fenomen d'autopol·linització espontània (sense autopol·linització manual) s'ha observat en una taxa de fins al 5% de les flors per individu en altres treballs; i les llavors resultants presenten una autofecundació elevada (Navarro-Cano, 2002; Navarro-Cano et al., 2009; Boscaiu, 1997, 1999; Boscaiu y Güemes, 2001). Per millorar el nostre estudi s'haguera pogut dur a terme conjuntament una prova d'autopol·linització espontània. Saber si es dona o no aquest tipus de fecundació ens permetria conèixer si el gran nombre de flors avortades i el baix nombre de fruits es troba relacionat amb aquesta; i si cal estrictament l'actuació dels insectes per a que es fecunde la flor. Una test de germinació també haguera sigut adient, per comprovar la viabilitat d'aquestes llavors i comparar els resultats amb altres treballs anteriors.

### 5.4. Fructificació

Troblem que quasi la meitat de les plantes d'estudi a produït almenys un fruit, de forma que en total s'han aconseguit 61 fruits, amb una relació aproximada de 0,38 fruits per flor. De la mateixa manera, la mitja de llavors per fruit és molt baixa, ja que el 55,29% de les llavors produïdes es concentren en dos individus (que també obtenen el nombre màxim de fruits). Malgrat tot s'han aconseguit 539 llavors, un nombre bastant important si comparem amb l'èxit de producció de llavors dels individus *in vitro*.

Encara que la població de la Manguilla produeix un floració molt més gran que la de Pla de Colom, és aquesta última la que registra el major nombre de fruits i llavors per planta. Caldria valorar quins són els factors que han dut a que la població de Pla de Colom aconseguís una major fecundació de flors. D'aquesta forma es podria determinar si hi ha una relació entre la producció floral i la fecunditat de les plantes o més bé esta diferència es provocada per l'activitat dels pol·linitzadors. Igualment seria interessant esbrinar perquè els individus P37 i P38 han aconseguit un nombre tan gran de fruits amb una quantitat de llavors tan destacada, respecte a la resta d'individus d'estudi, ja que aquests dos individus no han mostrat una producció de flors excepcional, com es mostra a la **figura 7**.

*A priori*, per les dades que hem recollit, la població pot ser capaç de perpetuar-se; però, per completar aquest estudi es podria realitzar un test de germinació, per comprovar la viabilitat de les llavors que s'han recol·lectat i determinar que la taxa de germinació siga suficient. També es podria revisar periòdicament si es detecta reclutament sota o als voltants de les plantes introduïdes.

## 6. Conclusions

L'estudi de la floració, els agents pol·linitzadors i la fructificació ens ha permès conèixer el potencial reproductiu dels individus de l'espècie *Cistus heterophyllus* subsp. *carthaginensis* introduïts al PNM de La Manguilla (al municipi de La Pobla de Vallbona) i a l'àrea de Pla de Colom (al municipi de Bétera). Les característiques de la floració ens mostren que les dues poblacions tenen un potencial reproductiu alt, produint un gran nombre de flors, la majoria d'elles viables; tot i que hi ha diferències notables entre les dues poblacions respecte al nombre de flors produïdes.

Com ens mostra el registre de pol·linitzadors, l'espècie *Cistus heterophyllus* subsp. *carthaginensis* no resulta un element aliè en el medi, sinó que s'integra amb la comunitat de pol·linitzadors, ja que s'ha registrat una interacció alta amb les que es consideren les espècies típiques que interactuen amb el gènere i l'espècie. De la mateixa forma, hi ha un bon acoblament entre l'antesi de les flors i les corbes de vol dels pol·linitzadors i la seua activitat.

Tot i això, caldria tindre cura de la comunitat de pol·linitzadors ja que es veu minvada dràsticament per les activitats agrícoles present en els voltants de l'àrea d'estudi. A més, es veu afectada en els moments crucials de la reproducció de l'estepa de Cartagena, quan es produeix el pic de floració. Per això s'haurien d'adoptar mesures per a protegir o reforçar les poblacions de pol·linitzadors en l'àrea enfront les fumigacions plaguicides aplicades en els camps dels voltants.

Amb tot i que les poblacions de pol·linitzadors puguen desaparèixer en els moments claus de la floració de l'estepa de Cartagena; aquestes poblacions han mostrat un trencament de la barrera d'autoincompatibilitat, el que podria assegurar una producció (encara que més petita) de propàguls per autofecundació, que podrien facilitar un mínim de producció de llavors i per tant de reclutament a les poblacions.

Encara que la producció de flors haja sigut abundant, la fructificació no ha seguit la mateixa tendència. Trobem una producció de fruits per part de menys de la meitat dels individus estudiats. No obstant això, encara que el nombre de fruits per planta no ha sigut molt gran, el nombre total de llavors produïdes sí que és rellevant, el que augmenta la probabilitat de que algunes de les llavors germinen incorporant nous individus a la població.

Hem de recordar que aquesta és la segona primavera en que els individus es troben instal·lats en el camp, i que encara són joves (només tenen 3 anys); pel que seria esperable que el nombre de flors i fruits produïdes augmente a mesura que les plantes apleguen a la seua maduresa.

Pels motius nomenats anteriorment, *a priori* podem considerar que la producció de propàguls (tant com fruits com llavors) i la integració amb el medi; per part de les dues poblacions estudiades de *Cistus heterophyllus* subsp. *carthaginensis* és suficientment gran com per a assegurar que és probable que la població incorpore individus en els pròxims anys i siga capaç d'autoperpetuar-se a les localitzacions on s'ha instal·lat.



## Conclusions

. The study of flowering, pollinators and fruition has allowed us to know the reproductive potential of the individuals of *Cistus heterophyllus* subsp. *carthagenensis* introduced to the PNM of La Manguilla (in the municipality of La Pobla de Vallbona) and in the Pla de Colom area (in the municipality of Bétera). The characteristics of flowering show us that the two populations have a high reproductive potential, producing a large number of flowers, most of them viable; although there are notable differences between the two populations with respect to the number of flowers produced.

As shown in the register of pollinators, the species *Cistus heterophyllus* subsp. *carthagenensis* is not alien to the environment, it is integrated with the rest of the pollinators community, as there has been a high interaction with those that are considered typical species that interact with the genus and the species. In the same way, there is a good connection between flowering, flight curves of pollinators and their activity.

Even so, it would be necessary to take care of the community of pollinators since it is diminished drastically by the agricultural activities present in the neighbourhood of the study area. In addition, it is affected at the crucial moments of the reproduction of the Cartagena's rockrose, when the flowering peak happens. For this reason, actions should be taken to protect or strengthen populations of pollinators in the area against pesticide fumigation applied in the surrounding fields.

Despite the fact that the population of pollinators can disappear in the key moments of the flowering; these populations have shown a breakdown of the auto-incompatibility barrier, which could ensure a production (albeit smaller) of seeds for self-fertilization, which could provide a minimum of seed production and therefore recruitment to populations.

Although the production of flowers has been abundant, fruition has not followed the same tendency. A production of fruits by less than half of the individuals studied has been found. However, although the number of fruits per plant has not been very large, the total number of seeds produced is relevant, which increases the probability that some of the seeds will germinate by incorporating new individuals into the population.

We must remember that this is the second spring in which the individuals are installed in the field, and that they are still young (they only are 3 years old); so it would be expected that the number of flowers and fruits produced increases as plants reach their maturity.

For the reasons given above, we can consider the production of fruits and seeds and the integration with the environment; by *Cistus heterophyllus* subsp. *carthagenensis* is large enough to ensure that the population is likely to incorporate individuals in the coming years and be able to self-perpetuate themselves in the locations where it has been installed.

## 7. Bibliografia

Aguilella, A.; S. Fos & E. Laguna (Eds.) 2009. *Catálogo Valenciano de Especies de Flora Amenazadas*. Colección Biodiversidad, 18. Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge, Generalitat Valenciana. Valencia.

AM Online Projects (2019) climate-data.org [en línia] <https://es.climate-data.org/europe/espana/comunidad-valenciana/puebla-de-vallbona-57144> [consulta 7 juliol 2019]

Arregui, J. M., Juárez, J., Laguna, E., Reyna, S., & Navarro, L. (1993). Micropropagación de *Cistus heterophyllus*. Un ejemplo de la aplicación del cultivo de tejidos a la conservación de especies amenazadas. *Vida Silvestre*, 74, pp. 24–29.

Boscaiu, M. T. (1997). Relaciones entre el sistema reproductor y la rareza de *Cistus heterophyllus* desf. Subsp. *Carthaginensis* (Pau) Mb. Crespo & Mateo. *Jardí Botànic de la Universitat de València*, pp. 30.

Boscaiu, M. T. (1999). Regeneración y estudio de la variabilidad morfológica y genética de *Cistus heterophyllus* subsp. *Carthaginensis*. *Informe para la Conselleria de Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana*. Universitat de València. Valencia, pp. 25.

Boscaiu, M., & Güemes, J. (2001). Breeding system and conservation strategy of the extremely endangered *Cistus carthaginensis* Pau (Cistaceae) of Spain. *Israel Journal of Plant Sciences*, 49(3), pp. 213–220.

Bosch, J. (1992). Floral biology and pollinators of three co-occurring *Cistus* species (Cistaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 109(1), pp. 39–55.

Brandt, U., & Gottsberger, G. (1988). Flower phenology, pollinating insects and breeding systems in *Cistus*, *Halimium* and *Tuberaria* species in Portugal. *Lagascalia*, 15, pp. 625–634.

Calvo-Agudo, M., González-Cabrera, J., Picó, Y., Calatayud-Vernich, P., Urbaneja, A., Dicke, M., & Tena, A. (2019). Neonicotinoids in excretion product of phloem-feeding insects kill beneficial insects. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(34), pp. 16817–16822.

Chinery, M. (1986) *Guía de los Insectos de Europa*. Barcelona: Ediciones Omega, S. A.

Comunitat Autònoma de la Regió de Múrcia. Decreto n.º 50/2003, de 30 de mayo por el que se crea el Catálogo Regional de Flora Silvestre Protegida de la Región de Murcia y se dictan normas para el aprovechamiento de diversas especies forestales. *Boletín Oficial de la Región de Murcia*, 30 de Maig de 2003, núm. 131, pp. 11615–11624.

Comunitat Valenciana. Conselleria d'Agricultura, Desenvolupament Rural, Emergència Climàtica i Transició Ecològica (2018) *INFORME TÉCNICO 08/2018 Recuperando la Planta más Amenazada de la Flora Española*. València: Direcció General de Medi Natural i d'Avaluació Ambiental. Servei de Vida Silvestre

Comunitat Valenciana. Conselleria d'infraestructures, Territori i Medi Ambient (2015). *Plan de recuperación de Cistus heterophyllus*. Documento técnico. València: Direcció General de Medi Natural i d'Avaluació Ambiental.

Comunitat Valenciana. DECRET 21/2012, de 27 de gener de 2012, del Consell, pel qual es regula el procediment d'elaboració i aprovació dels plans de recuperació i conservació d'espècies catalogades de fauna i flora silvestres, i el procediment d'emissió d'autoritzacions d'afectació a espècies silvestres. *Diari Oficial de la Generalitat Valenciana*, de 27 de gener de 2012, núm. 6702, pp. 2967-2972.

Comunitat Valenciana. DECRET 35/2011, d'1 d'abril de 2011, del Consell, pel qual es declara paratge natural municipal l'enclavament denominat la Manguilla, al terme municipal de la Pobla de Vallbona. *Diari Oficial de la Generalitat Valenciana*, de 5 d'abril de 2011, núm. 6495, pp. 13932-13956.

Comunitat Valenciana. DECRET 70/2009, de 22 de maig de 2009, del Consell, pel qual es crea i regula el Catàleg Valencià d'Espècies de Flora Amenaçades i es regulen mesures addicionals de conservació. *Diari Oficial de la Generalitat Valenciana*, de 26 de maig de 2009, núm. 6021, pp. 20143-20162.

Comunitat Valenciana. ORDRE 0135/1986, de 20 de desembre de 1985, de la Conselleria d'agricultura i Pesca, sobre protecció d'espècies endèmiques o amenaçades. *Diari Oficial de la Generalitat Valenciana*, de 3 de febrer de 1986, núm. 336, pp. 317-319.

Comunitat Valenciana. ORDRE 1/2015, de 8 de gener de 2015, de la Conselleria d'Infraestructures, Territori i Medi Ambient, per la qual s'aproven els plans de recuperació de les espècies de flora en perill d'extinció *Cistus heterophyllus*, *Limonium perplexum* i *Silene hifacensis*. *Diari Oficial de la Generalitat Valenciana*, de 8 de gener de 2015, núm. 7451, pp. 1801-1815.

Comunitat Valenciana. ORDRE 4803/2006, de 17 de juliol de 2006, de la Conselleria de Territori i Habitatge, per la qual es declaren 16 microrreserves vegetals a la província de València. *Diari Oficial de la Generalitat Valenciana*, de 17 de juliol de 2006, núm. 5343, pp. 30117-30134.

Crespo, M. B., & Mateo, G. (1988). Consideraciones acerca de la presencia de *Cistus heterophyllus* Desf. En la Península Ibérica. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 45(1), pp. 165-171.

Demoly, J. P., & Montserrat, P. (1993). *Cistus*. En: Castroviejo, S., Aedo, C., Laínz, M., Muñoz Garmendia, F., Nieto Feliner, G., Paiva, J. & Benedí, C. (eds.), *Flora iberica* 3: pp. 319–337. Madrid: Real Jardín Botánico, CSIC.

Demoly, J.-P. (1996). Les hybrides binaires rares du genre *Cistus* L. (Cistaceae). *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 54, pp. 241–254.

Desfontaines, R. L., Redouté, H. J., & Redouté, P. J. (1798). *Flora atlantica: sive historia plantarum quae in Atlante, agro tunetano et algeriensi crescunt* /. Recuperado de <https://www.biodiversitylibrary.org/item/7541>

Direcció General de Medi Natural i d'Avaluació Ambiental (2017). Memoria anual de actividades 2017. València: Direcció General de Medi Natural i d'Avaluació Ambiental. Centro para la Investigación y Experimentación Forestal. Servei de Vida Silvestre.

Elzinga, J. A., Atlan, A., Biere, A., Gigord, L., Weis, A. E., & Bernasconi, G. (2007). Time after time: Flowering phenology and biotic interactions. *Trends in Ecology & Evolution*, 22(8), pp. 432-439.

Escribá, M.C., J.M. Arregui & E. Laguna. (2007). *Germinación de Cistus heterophyllus Desf. Subsp. Carthaginensis (Pau) M.B. Crespo & Mateo, tàxon gravemente amenazado en la Comunidad Valenciana. Lazaroa*, 28, pp. 101-107.

España (2018). ORDEN TEC/1078/2018, de 28 de septiembre, por la que se declara la situación crítica de *Cistus heterophyllus* subsp. *carthaginensis*, *Lanius minor*, *Margaritifera auricularia*, *Marmaronetta angustirostris*, *Mustela lutreola*, *Pinna nobilis* y *Tetrao urogallus cantabricus* en España, y se declaran de interés general las obras y proyectos encaminados a la recuperación de dichos tàxones. Boletín Oficial del Estado, 17 de octubre de 2018, núm. 251, pp. 100677 a 100679.

España. Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas. *Boletín oficial del Estado*, de 23 de febrero de 2011, núm. 46, pp. 20912-20951.

Ferrer-Gallego, P. P., & Laguna, E. (2012). Nuevos híbridos en el género *Cistus* L. (Cistaceae). *Flora Montiberica*, 52, pp. 60-67.

Ferrer-Gallego, P.P., Ferrando, I., Gago, C. & Laguna, E. (eds.), (2013). *Manual para la conservación de germoplasma y el cultivo de la flora valenciana amenazada*. Colección Manuales Técnicos Biodiversidad, 3. Conselleria d'Infraestructures, Territori i Medi Ambient. Generalitat Valenciana, València, 246 pp.

Ferrer-Gallego, P. P., Ferrando Pardo, I., Albert Llana, F. J., Martínez Granell, V., & Laguna Lumbreras, E. (2017). Obtención de material vegetal de reproducción de *Cistus heterophyllus carthaginensis* (Cistaceae), especie catalogada En Peligro de Extinción en la Comunidad Valenciana (España). *Cuadernos de biodiversidad*, 52, pp. 24-37.

Ferrer-Gallego, P. P., Ferrando Pardo, I., Albert Llana, F. J., Martínez, V., & Laguna, E. (2018). Obtención de material de reproducción en la Comunidad Valenciana. En M.J. Vicente, J.J. Martínez-Sánchez (Eds.). *La Jara de Cartagena (Cistus heterophyllus), una especie en peligro. Estado actual de conocimientos*, pp. 102-126. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.

Grosser, W. (1903). Cistaceae. In: A. Engler (Ed.), *Das Pflanzenreich* 14 (IV, 193): pp. 10-32. Berlín.

Güemes, J., J. F. Jiménez & P. Sánchez-Gómez (2003) *Cistus heterophyllus* subsp. *carthaginensis* (Pau) M.B. Crespo & Mateo. En Á. Bañares *et al.*, (Eds.). *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascular Amenazada de España*, pp. 192-193. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Madrid.

Herrera, J. (1985). Nectar Secretion Patterns in Southern Spanish Mediterranean Scrublands. *Israel Journal of Botany*, 34(1), pp. 47-58.

IBM Corp. Llançat: 2015. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0. Armonk, NY: IBM Corp.

Jiménez Munuera, F. de P. (1908). Plantas de Cartagena—Adiciones y rectificaciones, Supl. Núm. 1, Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., Madrid.

Jiménez, F. (1903). Las plantas de Cartagena. *Mem. Real Soc. Esp. Hist. Nat*, 2, pp. 63-118.

- Jiménez, J. F., Sánchez-Gómez, P., & Rosselló, J. A. (2007). Evidencia de introgresión en *Cistus heterophyllus* subsp. *Carthaginensis* (Cistaceae) a partir de marcadores moleculares RAPD. *Anales de Biología*, pp. 95–103.
- Jiménez, J. F., Sánchez-Gómez, P., & Rosselló, J. A. (2018). Evidencias de introgresión a partir de marcadores moleculares rapd En: M.J. Vicente, J.J. Martínez-Sánchez (Eds.). *La jara de Cartagena (Cistus heterophyllus), una especie en peligro. Estado actual de conocimientos*, pp. 130-135. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.
- Laguna, E., & Atienza, V. (1998). *Flora endémica, rara o amenazada de la Comunidad Valenciana*. Valencia: Generalitat Valenciana, Conselleria de Medio Ambiente
- Laguna, E., Ferrer-Gallego, P. P. ., Albert Llana, F. J., & Ferrando-Pardo, I. (2018). Traslocaciones de conservación en la Comunidad Valenciana. En: M.J. Vicente, J.J. Martínez-Sánchez (Eds.). *La jara de Cartagena (Cistus heterophyllus), una especie en peligro. Estado actual de conocimientos*, pp. 162-171. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.
- Ministerio para la Transición Ecológica (2018). Evaluación de criterios para la consideración de situación crítica de *Cistus heterophyllus* subsp. *carthaginensis*, (Pau) M.B. Crespo. Madrid: Gobierno de España.
- Navarro-Cano, J. A. (2002). *Tàxonomia, propagació y conservació de Cistus heterophyllus Desf.(Cistaceae): Una planta en peligro de extinció en España* (PhD Thesis). Tesis de Licenciatura. Universidad de Murcia. Inéd.
- Navarro-Cano, J. A. (2008). Effect of grass litter on seedling recruitment of the critically endangered *Cistus heterophyllus* in Spain. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 203(8), pp. 663-668.
- Navarro-Cano, J. A., Sánchez-Balibrea, J., Barberá, G. G., Ferrández-Sempere, M., & El-Andalossí, M. (2009). Siguiendo la huella de la hibridación en poblaciones de *Cistus heterophyllus* del Rif marroquí. *Conservación Vegetal*, 13, pp. 9-10.
- Navarro-Cano, J. A., Schwenbacher, E., Sánchez-Balibrea, J., & Erschbamer, B. (2017). The role of seed traits as segregation factors of hybrids in wild populations of *Cistus* (Cistaceae). *Plant Biosystems*, 151(3), pp. 530-538.
- Navarro-Cano, J. A. (2018). Historia de las poblaciones ibéricas de «*Cistus heterophyllus*». En: M.J. Vicente, J.J. Martínez-Sánchez (Eds.). *La jara de Cartagena (Cistus heterophyllus), una especie en peligro. Estado actual de conocimientos*, pp. 32-41. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.
- Pau, C. (1904). A. Engler. Das Pflanzenreich. Cistaceae von W. Grosser. *Bol. Soc. Aragonesa Ci. Nat*, 3, pp. 259-266.
- Pawluczyk, M., Weiss, J., Vicente-Colomer, M. J., & Egea-Cortines, M. (2012). Two alleles of *rpoB* and *rpoC1* distinguish an endemic European population from *Cistus heterophyllus* and its putative hybrid (*C. x clausonis*) with *C. albidus*. *Plant Systematics and Evolution*, 298(2), pp. 409-419.
- Robledo, A., Navarro, J. A., Rivera, D., & Alcaraz, F. (1995). Los últimos ejemplares de jara cartagenera. *Quercus*, 110, pp. 12–14.

Rosato, M., Ferrer-Gallego, P., Totta, C., Laguna, E., & Rosselló, J. A. (2016). Nuclear rDNA instability in in vitro-generated plants is amplified after sexual reproduction with conspecific wild individuals. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1), pp. 127-137.

Sánchez, J. R., Laguna, E., Pascual, G. B., Ferrer-Gallego, P. P., & Ferrando-Pardo, I. (2018). Instrumentos legales de conservación y protección. En: M.J. Vicente, J.J. Martínez-Sánchez (Eds.). *La jara de Cartagena (Cistus heterophyllus), una especie en peligro. Estado actual de conocimientos*, pp. 44-64. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.

Sánchez-Gómez, P. , Martínez, J. F. J., Güemes, J., & Rubio, J. L. C. (2018). Taxonomía, filogenia y contexto geobotánico. En M.J. Vicente, J.J. Martínez-Sánchez (Eds.). *La Jara de Cartagena (Cistus heterophyllus), una especie en peligro. Estado actual de conocimientos*, pp. 20-25. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.

Sih, A., & Baltus, M.-S. (1987). Patch Size, Pollinator Behavior, and Pollinator Limitation in Catnip. *Ecology*, 68(6), pp.1679-1690.

Vicente Colomer, M.J., Martínez-Sánchez, J.J. (Eds.). *La jara de Cartagena (Cistus heterophyllus), una especie en peligro. Estado actual de conocimientos*. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena, 2018. pp. 261. ISBN: 978-84-16325-63-4

Vicioso, C. (1945). Notas sobre la flora española. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 6(2): pp. 5-92.



## 8. Annexos

### 8.1. Eix cronològic esquemàtic de la descripció i taxonomia de *Cistus heterophyllus* subsp. *carthaginensis*.

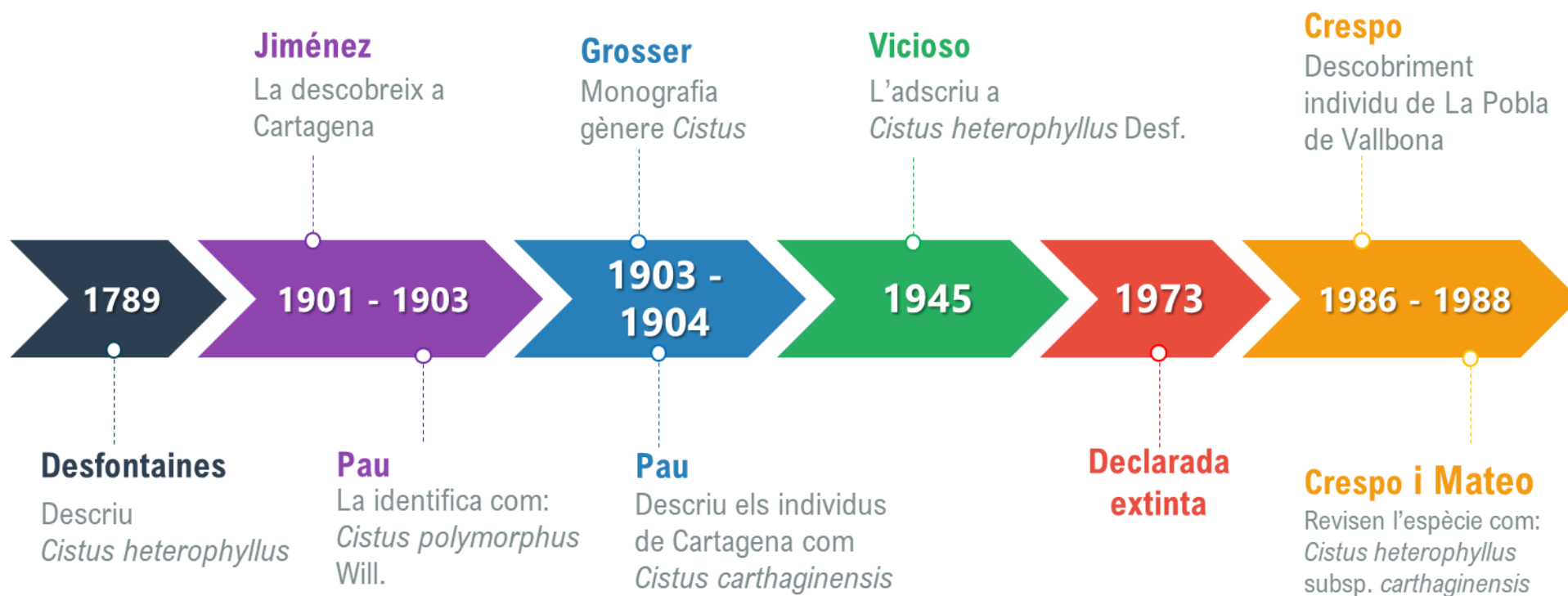


Figura 18: Eix cronològic dels esdeveniments i descobriments rellevants en relació a la descripció i taxonomia de *Cistus heterophyllus* subsp. *carthaginensis*.

## 8.2. Eix cronològic esquemàtic de les accions valencianes de recuperació de *Cistus heterophyllus* subsp. *carthagenensis*

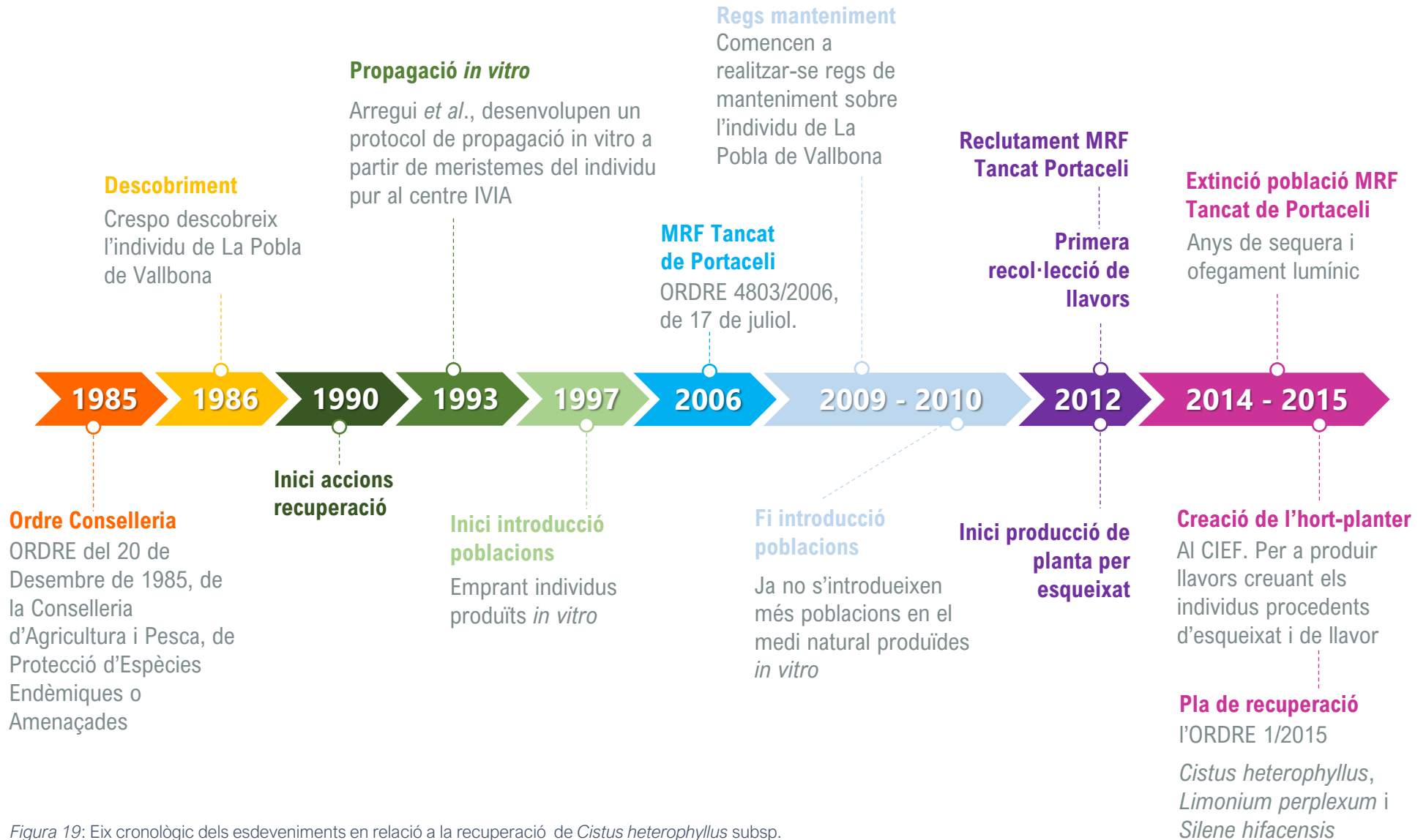


Figura 19: Eix cronològic dels esdeveniments en relació a la recuperació de *Cistus heterophyllus* subsp. *carthagenensis* al País Valencià fins a la publicació del Pla de Recuperació (ORDRE 1/2015, del 8 de Gener).